

Method and appts. for hardening with use of high-frequency heating

Patent Number: DE19624499

Publication date: 1997-01-02

Inventor(s): NAGAI YOSHIKAZU (JP); UOSAKI HIROSHI (JP); NISHIMORI YASUO (JP); KAWAJIRI TOSHIHIKO (JP); KAYAMA SHINJI (JP); HAMAMOTO YUKIO (JP); KOJIMA YOSHIHIKO (JP)

Applicant(s):: MAZDA MOTOR (JP)

Requested Patent: ☐ DE19624499

Application Number: DE19961024499 19960619

Priority Number (s): JP19950176725 19950619; JP19960150786 19960612; JP19960150787 19960612; JP19960150788 19960612; JP19960150789 19960612

IPC Classification: C21D1/10

EC Classification: C21D1/10, C21D1/63

Equivalents:

Abstract

Hardening of a workpiece by high-frequency induction heating in a liquid bath comprises: (a) positioning of the workpiece in the bath; (b) positioning of a hardening head in the bath; and (c) arrangement of the areas to be hardened relative to the hardening head so that they are subjected to induction hardening, and a hardened pattern with a series of essentially separate hardened regions is produced. Also claimed is an appts. for partial hardening of a workpiece. The appts. includes a container (12) for the liquid bath, a hardening head (23), a position sensor (33) for establishing the relative position of the hardening head and the surface to be hardened, a positioning system for relative positioning of the hardening head and the workpiece surface to be hardened, and means for supplying the hardening head with energy.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 24 499 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
C21 D 1/10

②1 Aktenzeichen: 196 24 499.4
②2 Anmeldetag: 19. 6. 96
④3 Offenlegungstag: 2. 1. 97

DE 196 24 499 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

19.06.95 JP 176725/95 12.06.96 JP 150786/96
12.06.96 JP 150787/96 12.06.96 JP 150788/96
12.06.96 JP 150789/96

⑦1 Anmelder:

Mazda Motor Corp., Hiroshima, JP

⑦4 Vertreter:

Müller-Boré & Partner, 81671 München

⑦2 Erfinder:

Nagai, Yoshikazu, Kure, Hiroshima, JP; Uosaki,
Hiroshi, Hiroshima, JP; Nishimori, Yasuo, Hiroshima,
JP; Kawajiri, Toshihiko, Higashi, Hiroshima, JP;
Kayama, Shinji, Higashi, Hiroshima, JP; Hamamoto,
Yukio, Hatakaichi, Hiroshima, JP; Kojima,
Yoshihiko, Higashi, Hiroshima, JP

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Härtung unter Verwendung einer Hochfrequenzerwärmung

- ⑤7 Ein Hochfrequenzinduktionshärtungsverfahren zur teilweisen Härtung eines Werkstückes mittels einer Hochfrequenzinduktionserwärmung in einem Flüssigkeitsbad umfaßt folgende Schritte: Anordnung des Werkstücks in einem Flüssigkeitsbad, Anordnen eines Härtungskopfes zur Durchführung einer Hochfrequenzinduktionserwärmung im Flüssigkeitsbad, Anordnen einer zu härtenden Härtungsfläche am Härtungskopf, um einer Induktionserwärmung unterzogen zu werden, um ein teilweise gehärtetes Gebiet auf der Härtungsfläche auszubilden, um somit ein gehärtetes Muster mit einer Vielzahl von im wesentlichen getrennten, gehärteten Abschnitten an der Härtungsfläche des Werkstückes auszubilden.

DE 196 24 499 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Härtungstechnik eines Produktes unter Verwendung einer Hochfrequenzinduktionserwärmung oder Hochfrequenzinduktionserwärmung, insbesondere auf eine teilweise Härtung in einer Flüssigkeit mittels einer Hochfrequenzinduktionserwärmung.

Auf dem Gebiet der Automobiltechnik wird eine innere Oberfläche eines Motorzylinders mit einem Kolben bei einer extrem hohen Geschwindigkeit in einen gleitenden Eingriff gebracht, so daß ein hoher Verschleißwiderstand der Oberfläche und gute Schmiereigenschaften für eine sanfte Hin- und Herbewegung gefordert werden.

Es ist allgemein üblich, daß eine Zylinderbuchse, die aus härterem Material als ein Zylinderblock gefertigt ist, auf der inneren Oberfläche des Zylinders angeordnet wird, um mit dem Kolben in Berührung zu treten. Es sollte jedoch beachtet werden, daß diese Struktur die Zahl der Teile erhöht, den Zusammenbau aufwendiger macht und somit die Herstellungskosten steigert.

Im Hinblick darauf wurde ein Verfahren zur Erhöhung des Verschleißwiderstands ohne Verwendung der Zylinderbuchse vorgeschlagen, bei dem die innere Oberfläche der Zylinderbohrung des Zylinderblocks gehärtet wird.

In diesem Fall ist es möglich, indem die gesamte Oberfläche des Zylinders dort, wo sie in gleitenden Kontakt mit dem Kolben gebracht wird, gehärtet wird, den Verschleißwiderstand der gesamten Zylinderoberfläche zu verbessern. Es wurde jedoch ermittelt, daß die gehärtete Oberfläche eine schlechtere Schmiermittelaufnahmefähigkeit hat als die Oberfläche, die keiner Härtungsbehandlung unterzogen wurde. Das heißt, die Schmiereigenschaften der Zylinderoberfläche werden durch die Härtungsbehandlung verschlechtert. Daher wurde vorgeschlagen, daß die Härtungsbehandlung so ausgeführt wird, daß mehrere getrennte, gehärtete Teile gebildet werden, die gleichmäßig über die gesamte Zylinderoberfläche verteilt sind, um so den Verschleißwiderstand zu verbessern, während wünschenswerte Schmiereigenschaften aufrechterhalten werden.

Die nicht geprüften offengelegten japanischen Patentanmeldungen mit den Nummern 4-362116 und 4-362117 beschreiben Verfahren zur "teilweisen Härtungsbehandlung" zur Ausbildung einer Vielzahl von getrennten und verteilten gehärteten Teilen auf der inneren Oberfläche eines Zylinders.

Gemäß den obigen japanischen Veröffentlichungen wird die innere Oberfläche des Zylinders unter Verwendung eines Laserstrahls der teilweisen Härtungsbehandlung unterworfen. Das Härtungsverfahren, das den Laserstrahl verwendet, ist insofern ungünstig, da es schwierig ist, einen gleichmäßigen Härtungseffekt zu erzielen. Um einen gleichmäßigen Härtungseffekt bei der Verwendung des Laserstrahls zu erzielen, ist eine hochentwickelte Steuerung für die Anwendung des Laserstrahls notwendig, wobei diese Steuerung die Installationskosten erhöhen könnte. Ansonsten kann ein gewünschter Qualitätspegel unter den sich ergebenden Produkten nicht garantiert werden.

Die japanische Patentveröffentlichung Nr. 60-39127 beschreibt, daß die Hochfrequenzinduktionshärtungsbehandlung in einem Wasserbad ausgeführt wird. Nach dem Verfahren wird die Zuführung von Kühlwasser so gesteuert, daß eine gleichmäßige Dicke der sich ergebenden gehärteten Schicht unabhängig von den Änderun-

gen der Dicke des zu härtenden Materials erzielt wird. Dieses Verfahren kann bei der teilweisen Härtungsbehandlung nicht verwendet werden.

Das deutsche Patent Nr. 39 26 571 beschreibt ein Verfahren zur Ausbildung eines gewünschten gehärteten Musters auf der inneren Oberfläche des Zylinders mittels einer Hochfrequenzinduktionsheizung die eine Induktionsspule verwendet.

Die sich nach diesem Verfahren ergebende Produkte verbessern den Verschleißwiderstand bzw. die Verschleißfestigkeit der behandelten Zylinderoberfläche. Es sollte jedoch beachtet werden, daß die Schmiermittelhalte-eigenschaft der behandelten Zylinderoberfläche verschlechtert wird, da das gehärtete Muster durchgehend in Richtung vom Boden bis zur Spitze des Zylinders ausgebildet ist. Es ist somit für die gehärtete Oberfläche schwierig, eine wünschenswerte Schmiereigenschaft aufrecht zu erhalten. Das Grenzgebiet zwischen dem gehärteten Gebiet und dem nicht gehärteten Gebiet wird verbreitert, so daß das gehärtete Gebiet nicht in gewünschter Weise ausgebildet werden kann. Somit ist es nicht möglich, stetige Eigenschaften sowohl was den Verschleißwiderstand als auch was die Schmierung der Zylinderoberfläche des gehärteten Produkts angeht, zu erzielen.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, ein Härtungsverfahren zur Herstellung gehärteter Produkte zu schaffen, das sowohl den Verschleißwiderstand als auch die Schmiereigenschaften verbessert.

Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zur Herstellung der obigen gehärteten Produkte zu schaffen.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die gehärteten Produkte mit der verbesserten Verschleißfestigkeit und den Schmiereigenschaften zu schaffen.

Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Induktionserwärmungs- und Härtungsverfahren in einem Flüssigkeitsbad zur Herstellung gehärteter Produkte zu schaffen, bei dem eine innere Oberfläche eines Zylinders durch eine Hochfrequenzinduktion gehärtet wird, um ein gewünschtes gehärtetes Muster aus einer Vielzahl von getrennten teilweise gehärteten Teilen darauf auszubilden.

Eine nochmals andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Steuerung einer Flüssigkeitsversorgung eines Flüssigkeitsbades zu schaffen, in welchem eine Hochfrequenzinduktionshärtungsbehandlung auf einen Zylinderblock angewandt wird.

Gemäß der vorliegenden Erfindung umfaßt ein Hochfrequenzinduktionshärtungsverfahren zur teilweisen Härtung eines Werkstückes mittels einer Hochfrequenzinduktionserwärmung in einem Flüssigkeitsbad die folgenden Schritte: Anordnen des Werkstücks in einem Flüssigkeitsbad, Anordnen eines Härtungskopfes zur Ausführung einer Hochfrequenzinduktionserwärmung im Flüssigkeitsbad und Anordnen einer zu härtenden Härtungsfläche bzw. Härtungsfläche des Werkstücks am Härtungskopf, so daß diese einer Induktionserwärmung unterworfen wird, um ein teilweise gehärtetes Gebiet an der Härtungsfläche auszubilden, um ein gehärtetes Muster aus einer Vielzahl von im wesentlichen getrennten, gehärteten Abschnitten auf der Härtungsfläche des Werkstücks auszubilden.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt das Verfahren einen Schritt der Durchführung eines Här-

tungsvorgangs, bei dem eine vorbestimmten Leistung an den Härtungskopf gelegt wird, um einen gehärteten Teil auf einem Teil der Härtungsfläche des Werkstückes in einer vorbestimmten Zeitdauer auszubilden, so daß eine Reihe von gehärteten Teilen, die in einer Richtung ausgerichtet ist, durch den Härtungsvorgang ausgebildet wird. Vorzugsweise werden beim wiederholten Ausführen des Härtungsvorgangs, bei dem die Position des Härtungskopfes relativ zur Härtungsfläche verschoben wird, eine Vielzahl von Reihen der gehärteten Abschnitte an der Härtungsfläche ausgebildet. Bei einer bevorzugten Ausführungsform besteht der Härtungskopf aus einer ringförmigen Härtungsfläche und das Werkstück wird mit einer ringförmigen Härtungsfläche entsprechend dem ringförmigen Härtungskopf versehen, so daß eine Reihe gehärteter Abschnitte, die umfangmäßig voneinander beabstandet sind, auf der Härtungsfläche durch ein einmaliges Ausführen des Härtungsvorgangs ausgebildet wird. In diesem Fall wird der Härtungsvorgang vorzugsweise wiederholt ausgeführt, während sich der Härtungskopf relativ zur Härtungsfläche des Werkstückes bewegt, um ein gehärtetes Muster mit einer Vielzahl von im wesentlichen getrennten Härtungsabschnitten zu bilden, die axial und umfangmäßig an der Härtungsfläche des Werkstückes voneinander entfernt sind.

Vorzugsweise wird Kühlwasser einem erwärmten Gebiet des Werkstückes, das durch die Induktionserwärmung erwärmt wurde, in einer Richtung zugeführt, die einer Richtung entgegengesetzt ist, in welcher der Härtungskopf gemäß einer vorbestimmten Härtungsreihenfolge entlang der Härtungsfläche des Werkstückes verschoben wird, während er die gehärteten Abschnitte ausbildet.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt das Verfahren ferner folgende Schritte: Anordnen des Flüssigkeitsbades an einer ersten Position, Anordnen des Härtungskopfes an einer zweiten Position, die von der ersten Position um eine vorbestimmte Distanz entfernt ist, Anordnen des Werkstückes in einem Behälter des Flüssigkeitsbades, und Positionierung des Härtungskopfes relativ zum Werkstück durch Bewegen des Härtungskopfes und/oder des Behälters, so daß der Härtungskopf der zu härtenden Fläche bzw. Oberfläche des Werkstückes in einer vorbestimmten Positionsbeziehung gegenübersteht. In diesem Fall wird die Position des Werkstückes erfaßt, wenn das Werkstück zwischen den ersten und zweiten Positionen ist. Der Härtungskopf und/oder das Werkstück im Tank werden bewegt, um, basierend auf der erfaßten Position des Werkstückes, positioniert zu werden.

Vorzugsweise umfaßt das Verfahren ferner die folgenden Schritte: Anordnen des Flüssigkeitsbades an einer ersten Position, Anordnen des Härtungskopfes an einer zweiten Position, die von der ersten Position um eine vorbestimmte Distanz entfernt ist, Anordnen des Werkstückes in einem Behälter des Flüssigkeitsbades, Einfüllen einer Flüssigkeit des Flüssigkeitsbades in den Behälter bis zu einem Pegel, bei dem ein Teil des Werkstückes offen über der Flüssigkeitsoberfläche angeordnet ist, bevor das Werkstück in der zweiten Position positioniert wird, Erfassen einer Positionsbeziehung zwischen dem Werkstück im Behälter und dem Härtungskopf, Bewegen des Behälters von der ersten Position in die zweite Position bzw. zu der zweiten Position, wobei das Werkstück genau unter dem Härtungskopf angeordnet wird, während die Flüssigkeit bis zu einem vorbestimmten Pegel in den Behälter gegeben wird, bei dem eine

Hochfrequenzinduktionserwärmung an der Härtungsfläche des Werkstückes durchgeführt werden kann, und Bewegen des Härtungskopfes in das Flüssigkeitsbad um den Härtungskopf gegenüber der zu härtenden Fläche des Werkstückes in einer Positionsbeziehung zu positionieren, die für die Hochfrequenzinduktionserwärmung geeignet ist.

Das Verfahren umfaßt ferner die Schritte des Bewegens des Werkstückes von der zweiten Position in die erste Position und des Entleerens der Flüssigkeit aus dem Behälter, bevor das Werkstück die erste Position erreicht.

Beim obigen Verfahren wird eine Differenz zwischen der Außentemperatur und der Flüssigkeitstemperatur vorzugsweise in einem vorbestimmten Umfang gesteuert.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung ist ein Hochfrequenzinduktionshärtungsverfahren zur Härtung eines Werkstückes mittels einer Hochfrequenzinduktionserwärmung in einem Kühlwasserbad angegeben, bei welchem ein Härtungskopf in einer vorbestimmten Härtungsreihenfolge entlang einer Härtungsfläche des Werkstückes verschoben wird, während die Hochfrequenzinduktionserwärmung durchgeführt wird, wobei Kühlwasser einem erhitzten Gebiet des Werkstückes, das durch die Induktionserwärmung erwärmt wurde in einer Richtung zugeführt wird, die sich entgegen der Richtung erstreckt, in der der Härtungskopf gemäß der Härtungsreihenfolge entlang der Härtungsfläche des Werkstückes verschoben wird, während er die gehärteten Abschnitte ausbildet.

Gemäß einem anderen Merkmal der vorliegenden Erfindung ist eine Härtungsvorrichtung zum teilweisen Härten eines Werkstückes mittels einer Hochfrequenzinduktionserwärmung in einem Flüssigkeitsbad angegeben. Die Vorrichtung umfaßt einen Behälter zur Speicherung einer Flüssigkeit, um das Flüssigkeitsbad bereitzustellen, einen Härtungskopf zum teilweisen Härten eines vorbestimmten Gebietes der Härtungsfläche des Werkstückes, einen Positionssensor zur Erfassung von Positionsbeziehungen der Härtungsfläche und des Härtungskopfes, eine Positioniervorrichtung zur Positionierung des Härtungskopfes und der Härtungsfläche des Werkstückes, basierend auf der Beziehung, die durch den Positionssensor erfaßt wurde, derart, daß die Härtungsfläche dem Härtungskopf im Flüssigkeitsbad gegenüberübersteht, und eine Leistungs- bzw. Energieversorgung zur Versorgung des Härtungskopfes mit Leistung bzw. Energie gemäß einer vorbestimmten Bedingung, wenn die Härtungsfläche des Werkstückes in geeigneter Weise am Härtungskopf positioniert ist, um die Hochfrequenzinduktionserwärmung auszuführen.

Der Härtungskopf weist vorzugsweise eine ringförmige Konfiguration auf und die Härtungsfläche des Werkstückes ist eine ringförmige Härtungsfläche, die dem Härtungskopf entspricht, so daß eine Reihe gehärteter Abschnitte, die umfangmäßig voneinander beabstandet sind, durch einen einzigen Härtungsvorgang ausgebildet werden kann. Der Härtungskopf ist mit einer Vielzahl von Induktionsspulen versehen, die umfangmäßig voneinander beabstandet sind. Vorzugsweise umfaßt die Vorrichtung ferner eine Umfangspositionssteuervorrichtung zur Steuerung einer relativen Position zwischen dem Härtungskopf und der Härtungsfläche des Werkstückes in einer umfangmäßigen Richtung und eine axiale Positionssteuervorrichtung zur Steuerung einer zentralen axialen Richtung einer relativen Position der Härtungsfläche und des Här-

tungskopfes.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Härtungskopf um eine vorbestimmte Distanz entlang der Härtungsfläche des Werkstückes gemäß einer vorbestimmten Härtungsreihenfolge verschoben. In diesem Fall umfaßt die Vorrichtung eine Verschiebevorrichtung zum Verschieben des Härtungskopfes entlang der Härtungsfläche des Werkstückes gemäß der Härtungsreihenfolge und eine Kühlwasserzuführvorrichtung zur Zuführung von Kühlwasser zu einem erwärmten Gebiet, das durch die Induktionserwärmung erwärmt wird, in einer Richtung, die der Richtung entgegengesetzt ist, in welcher der Härtungskopf entlang der Härtungsfläche gemäß der Härtungsreihenfolge verschoben wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform umfaßt die Vorrichtung ferner einen Positionssensor zur Erfassung einer Position des Werkstücks, das im Behälter angeordnet ist, wenn Flüssigkeit in den Behälter bis zu einem vorbestimmten Pegel eingefüllt wird, eine Bewegungsvorrichtung zur Bewegung des Behälters, in dem das Werkstück angeordnet ist, von einer ersten Position, die vom Härtungskopf um eine vorbestimmte Distanz entfernt ist, in eine zweite Position direkt unter dem Härtungskopf, basierend auf einer Positionsbeziehung zwischen dem Werkstück und dem Härtungskopf, und eine Positioniervorrichtung zur Positionierung des Härtungskopfes relativ zur Härtungsfläche des Werkstückes in einer Positionsbeziehung, die für die Hochfrequenzinduktionserwärmung geeignet ist, basierend auf dem Ergebnis des Positionssensors.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung ist eine Vorrichtung angegeben, bei welcher der Härtungskopf um eine vorbestimmte Distanz entlang der Härtungsfläche des Werkstückes gemäß der vorbestimmten Härtungsreihenfolge verschoben wird. Die Vorrichtung umfaßt eine Verschiebevorrichtung zum Verschieben des Härtungskopfes entlang der Härtungsfläche des Werkstückes gemäß der Härtungsreihenfolge, und eine Kühlwasserzuführvorrichtung zum Zuführen von Kühlwasser zu einem erwärmten Gebiet, das durch die Induktionserwärmung erwärmt ist, in einer Richtung, die entgegengesetzt ist zur Richtung, in welcher der Härtungskopf entlang der Härtungsfläche gemäß der Härtungsreihenfolge verschoben wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird ein Zylinderblock mit einem gehärteten Muster mit einer Vielzahl von im wesentlichen getrennten gehärteten Abschnitten bereitgestellt, die im wesentlichen die gleiche Konfiguration, Größe und gleichmäßige Dicke der gehärteten Schicht aufweisen.

Wie vorher erwähnt wurde, besteht ein grundsätzliches Merkmal der vorliegenden Erfindung darin, ein Werkstück mit einer Härtungsfläche und einen Härtungskopf, der Induktionsspulen aufweist, in einem Flüssigkeitsbad anzuordnen und darin, ein gehärtetes Muster mit im wesentlichen getrennten und gleichförmig verteilten gehärteten Abschnitten auf der Härtungsfläche des Werkstückes mittels einer Hochfrequenzinduktionserwärmung im Flüssigkeitsbad auszubilden.

Die vorliegende Erfindung kann passenderweise auf den Härtungsvorgang zur Ausbildung eines gehärteten Muster an einer inneren Oberfläche einer Zylinderbohrung eines Zylinderblockes für einen Brennkraftmaschine angewandt werden. Der Härtungskopf der vorliegenden Erfindung ist mit Induktionsspulen versehen, denen mit einer vorbestimmten Frequenz Spannung und Strom zugeführt wird, um die Härtungsfläche des Werkstückes auf eine Härtungstemperatur zu erwärmen. In

der vorliegenden Erfindung kann eine ringförmige Spule mit einer Windung, wie sie in der nicht geprüften, offengelegten japanischen Anmeldung Nr. 7-272845 beschrieben ist, passenderweise als Induktionsheizungs-
spule verwendet werden. Die Spule mit einer Windung, die in der offengelegten japanischen Anmeldung Nr. 7-272845 beschrieben ist, ist mit einer Vielzahl von Magnetkernen versehen, die umfangsmäßig voneinander beabstandet sind. Somit erzeugt die Induktionsspule eine Vielzahl starker magnetischer Felder in vorbestimmten Intervallen, die umfangsmäßig den vielen magnetischen Kernen entsprechen. Somit wird eine Härtungsfläche des Werkstückes bis zum Härtungspunkt des Materials umfangsmäßig an vorbestimmten Intervallen erwärmt. Dies ergibt eine Vielzahl getrennter, gehärteter Abschnitte, die auf der Härtungsfläche des Werkstückes ausgebildet sind. Der gehärtete Abschnitt, der durch einen einzigen Härtungsvorgang durch den ringförmigen Härtungskopf ausgebildet wurde, besteht aus einem Muster mit einer Reihe von vielen getrennten gehärteten Abschnitten, die umfangsmäßig über die Härtungsfläche verteilt sind. In diesem Fall ist der ringförmige Härtungskopf üblicherweise kleiner als die Härtungsfläche, so daß der Härtungsvorgang wiederholt ausgeführt wird, indem der ringförmige Härtungskopf in axialer Richtung bewegt wird, um das gehärtete Muster über der gesamten Härtungsfläche auszubilden. Dort wo der Härtungskopf einer Winkelbewegung ausgesetzt ist, um die Hälfte eines Intervalls von zwei magnetischen Kernen des ringförmigen Härtungskopfes, während der Härtungskopf axial bewegt wird, besteht das gehärtete Muster aus einer Reihe getrennter, gehärteter Abschnitte, die im Winkel gegenüber dem vorher gehärteten Muster um die Hälfte des Intervalls zwischen zwei gehärteten Abschnitten verschoben sind. Somit besteht das gehärtete Muster auf der gesamten Härtungsfläche aus einem versetzten Muster, bei dem die getrennten gehärteten Abschnitte in Umfangsrichtung und in Axialrichtung getrennt und gleichförmig über die gesamte Härtungsfläche des Werkstückes verteilt sind.

In der vorliegenden Erfindung wird der Härtungsvorgang im Flüssigkeitsbad ausgeführt, wobei sowohl der Härtungskopf als auch die Härtungsfläche des Werkstückes in der Flüssigkeit angeordnet sind.

Wenn die Hochfrequenzinduktionserwärmung im Flüssigkeitsbad ausgeführt wird, so ist dies deswegen vorteilhaft, da ein zu härtendes Härtungsgebiet zuverlässig bis zum Härtungspunkt erwärmt wird und ein Gebiet, das nicht gehärtet werden soll, zuverlässig auf einer angemessenen niedrigen Temperatur bleibt. Das kommt daher, da die nicht zu härtenden Gebiete sich im Kontakt mit der Flüssigkeit befinden, so daß ein Wärmeeinfluß auf ein umgebendes Gebiet durch den Induktionsheizvorgang auf das zu härtende Gebiet wirksam ausgeschlossen wird. Somit wird ein Grenzgebiet zwischen dem gehärteten Gebiet und einem nicht gehärteten Gebiet, auf das der Härtungsvorgang nicht angewandt wird, so schmal wie möglich gehalten, um die beiden Gebiete klar zu unterscheiden, so daß ein gewünschtes gehärtetes Muster in Hinblick auf das Gebiet, die Konfiguration, das Layout und dergleichen gebildet werden kann. Somit ist es möglich, sowohl den Verschleißwiderstand als auch die Schmiereigenschaften über der gesamten Härtungsfläche des Werkstückes zu verbessern. Das Härtungsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung hält den Wärmeeinfluß auf die Gebiete, die nicht gehärtet werden sollen, so klein wie möglich, so daß die Tiefe der gehärteten Schicht des

Werkstücks auf einem relativ kleinen und gleichförmigen Wert über der gesamten Härtungsfläche gehalten werden kann. Zusätzlich ist dies insofern vorteilhaft, da der Härtungskopf davor bewahrt wird, übermäßig erwärmt und beschädigt zu werden, dadurch daß der Härtungskopf immer in Kontakt mit der Flüssigkeit gehalten und gekühlt wird.

Wasser mit ungefähr Außentemperatur ist als Flüssigkeit für die vorliegende Erfindung geeignet. Vorzugsweise werden die Eigenschaften des Wassers für die Zwecke der vorliegenden Erfindung angepaßt. Beispielsweise können Zusätze zur Verhinderung von Ablagerungen sowohl an der Härtungsfläche des Werkstücks als auch der Oberfläche des Härtungskopfes, wie beispielsweise ein grenzflächenaktiver Stoff, ein PH-Steueragens oder dergleichen zugegeben werden, vorausgesetzt die Aufgabe der vorliegenden Erfindung kann erfüllt werden.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Flüssigkeitsbad oder ein Behälter zur Speicherung einer Flüssigkeit, in der der Härtungsvorgang stattfinden soll, vorbereitet. Der Behälter hat eine Größe, die ausreicht, um das Werkstück und den Härtungskopf darin anzuordnen. Vorzugsweise ist ein Positionsteuermechanismus zur Steuerung der Bewegung des Behälters in der Art, daß der Behälter in einer horizontalen Ebene bewegt werden kann, um neben dem Härtungskopf plaziert zu werden, vorgesehen.

Wenn das Werkstück mit einer gewissen Toleranz durch die numerische Steuerung neben dem Härtungskopf positioniert ist, wird der Härtungskopf axial bewegt und auf die Härtungsfläche des Werkstücks eingestellt, so daß der Härtungskopf in einer gewissen Distanz gegenüber der Härtungsfläche des Werkstücks zu liegen kommt. Dann wird dem Härtungskopf Leistung unter einer vorbestimmten Bedingung zugeführt, um eine Induktionserwärmung zu bewirken. Ein Härtungsvorgang des Härtungskopfes dauert zwischen einigen Bruchteilen einer Sekunde bis zu einigen Sekunden. Eine Reihe getrennter, gehärteter Abschnitte bzw. Teile wird an der ringförmigen Härtungsfläche durch einen solchen Härtungsvorgang ausgebildet. Dann wird der Härtungskopf axial bewegt, um eine andere Reihe von getrennten, gehärteten Abschnitten auf einem anderen Gebiet der Härtungsfläche zu erzeugen. Der Härtungsvorgang wird durch eine Energieversorgung in der gleichen Art wiederholt. Üblicherweise wird der Härtungskopf nach einem Härtungsvorgang um eine Längenspanne bewegt, um die andere Reihe von Härtungsteilen im danebenliegenden Gebiet durchzuführen. Der Härtungsvorgang kann jedoch in einem vom vorhergehenden Gebiet entfernten Gebiet durchgeführt werden, um die Wärmebeeinflussung zu vermindern.

Vorzugsweise wird ein Flüssigkeitsstrom auf einen Spalt zwischen dem Härtungskopf und der Härtungsfläche während des Härtungsvorgangs gerichtet, um frische Flüssigkeit dazwischen zu bringen, um den Kühleffekt zu vergrößern. Somit kann der Wärmeeinfluß um die gehärteten Abschnitte herum wirksam unterdrückt werden. Es ist nicht notwendigerweise so, daß das Werkstück bewegt wird, um dem Härtungskopf gegenüber positioniert zu werden. Es kann vielmehr auch der Härtungskopf durch die numerische Steuerung bewegt werden, um gegenüber dem Werkstück plaziert zu werden. Wenn das Werkstück, das im Flüssigkeitsbehälter angeordnet ist, bewegt wird, um gegenüber dem Härtungskopf plaziert zu werden, wird vorzugsweise ein Hauptring, der auf einem Träger oder einer Basis

des Behälters vorgesehen ist, als Referenzmarkierung erfaßt bzw. detektiert und die Positionsbeziehung zwischen dem Härtungskopf und dem Werkstück wird basierend auf dem Hauptring gesteuert. In diesem Fall wird die Härtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung mit einem Sensor versehen, der an bekannter Position in Bezug auf den Härtungskopf montiert ist. Wenn somit der Hauptring durch den Sensor erfaßt wird, erhält man die Position des Hauptringes in Bezug auf den Härtungskopf. Als nächstes erhält man die Positionsbeziehung zwischen der Härtungsfläche des Werkstücks und dem Härtungskopf durch Erfassung der Position der Härtungsflächen des Werkstücks auf dem Träger durch den Sensor. Dann wird das erhaltene Ergebnis in den Positionsteuermechanismus eingegeben, so daß die Härtungsflächen des Werkstücks gegenüber dem Härtungskopf positioniert werden können. In dem Fall, bei dem der Härtungskopf bewegt wird, um gegenüber der Härtungsfläche des Werkstücks positioniert zu werden, kann ein ähnlicher Positionsteuermechanismus vorgesehen werden.

Das Werkstück wird während des Härtungsvorgangs im Flüssigkeitsbad plaziert. Wenn jedoch die Position der Härtungsfläche des Werkstücks erfaßt wird, so ragen zumindest Teile der Härtungsfläche über die Flüssigkeitsoberfläche heraus, um deren Position genau erfassen zu können. Wenn ein gesamter Zyklus des Härtungsvorgangs beendet ist, wird die Flüssigkeit aus dem Behälter so schnell wie möglich entfernt, wenn das Werkstück im Behälter an einen anderen Ort transportiert wird, an dem ein Tempern des Werkstückes erfolgt, von dem Platz aus, an dem der Härtungsvorgang durchgeführt wurde.

Weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden genauen Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen deutlich, wenn diese im Licht der begleitenden Zeichnungen gelesen wird.

Fig. 1 ist eine Seitenansicht einer Hochfrequenzinduktionshärtungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ist eine Aufsicht auf die in Fig. 1 gezeigte Härtungsvorrichtung.

Fig. 3 ist eine Vorderansicht der in Fig. 1 gezeigten Härtungsvorrichtung.

Fig. 4 ist eine teilweise geschnittene Ansicht einer Steuervorrichtung für einen Positionssensor.

Fig. 5 ist eine Vorderansicht eines Härtungskopfes.

Fig. 6 ist eine Seitenansicht des Härtungskopfes der Fig. 5.

Fig. 7 ist eine Untenansicht des Härtungskopfes.

Fig. 8 ist eine erläuternde Ansicht, die die Kontaktdektionsschaltung zeigt;

Fig. 9 ist eine schematische Ansicht eines Kühlsystems der Härtungsvorrichtung.

Fig. 10 ist eine teilweise geschnittene Ansicht, die zeigt, daß der Härtungskopf gegenüber der Härtungsfläche des Werkstücks angeordnet wurde.

Fig. 11 ist eine perspektivische Ansicht einer Injektionsdüse, die Kühlwasser in ein Induktionserwärmungsgebiet injiziert.

Fig. 12 ist ein Blockdiagramm einer Steuerschaltung der Härtungsschaltung.

Fig. 13 ist ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Bestimmung der Position der Induktionsspule des Härtungskopfes.

Fig. 14 ist ein Flußdiagramm eines Verfahrens zur Nullpunkteinstellung der Koordinaten.

Fig. 15 ist ein Flußdiagramm einer Zylinderbohrungspositionseinstellsteuerung, und

Fig. 16 ist eine Ansicht, die ein gehärtetes Muster zeigt, das an bzw. auf der Härtingsfläche ausgebildet ist. Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die angefügten Zeichnungen im Detail beschrieben.

Bezieht man sich auf die Fig. 1 bis 3, so ist dort eine Härtingsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung gezeigt. In den Fig. 1, 2 und 3 ist die Härtingsvorrichtung mit einer Basis 1 versehen, auf der eine Säule 2 montiert ist (rechte Seite in den Fig. 1 und 2). Ein torartiger Träger 3 ragt in einem mittleren Teil der Basis 1 auf. Ein Paar Schienen 4, 4, die sich in Y-Achsenrichtung parallel zueinander erstrecken, sind auf der Basis 1 angebracht. Ein unterer Tisch 5 ist auf den Schienen 4, 4 angeordnet, um sich auf den Schienen 4, 4 in Y-Achsenrichtung zu bewegen. Der untere Tisch 5 ist mit einer Vielzahl von Gleitstücken 6 an seinem Boden versehen, um eine gleitende Bewegung auf den Schienen 4, 4 durchzuführen. Ein Y-Achsen-Motor M1, der auf einer Seite der Basis 1 montiert ist, ist mit einer Kugelumlaufspindel, die über Kugeln mit einer Kugelführungsnut im Eingriff steht, verbunden. Die Kugelführung ist auf dem unteren Tisch 5 montiert, so daß der untere Tisch 5 in Y-Achsenrichtung (in den Fig. 1 und 2: die Richtung nach links und rechts) durch Rückwärts- und Vorwärtsdrehen des Y-Achsen-Motors M1 bewegt wird.

Ein Paar Schienen 7, 7, die sich in X-Achsenrichtung erstrecken ist auf der oberen Oberfläche des unteren Tisches 5 montiert. Ein oberer Tisch 8 ist auf den Schienen 7, 7 angeordnet, um sich in X-Achsenrichtung zu bewegen. Eine Vielzahl Gleitstücke 9 sind an einer unteren Oberfläche des oberen Tisches 8 montiert, so daß sich der Tisch 8 entlang der Schienen 7, 7 in X-Richtung bewegen kann. Ein X-Achsenmotor M2, der auf dem unteren Tisch 5 montiert ist, ist mit einer Kugelumlaufspindel 10 verbunden, die über Kugeln mit einer Kugelführungsnut im Eingriff steht. Die Kugelführungsnut ist auf dem oberen Tisch 8 montiert, so daß der obere Tisch 8 durch Rückwärts- und Vorwärtsdrehung des X-Achsen-Motors M2 in X-Achsenrichtung bewegen werden kann.

Somit bilden der untere und der obere Tisch 8 einen Arbeitstisch 11 (einen sogenannten X-Y-Tisch oder Kreutztisch), auf dem ein Wasserbehälter 12 mit einer rechtwinkligen oder schachtelartigen Konfiguration angeordnet ist. Ein Zylinderblock (Werkstück) 14, das einer Härtingsbehandlung gemäß der vorliegenden Erfindung unterworfen wird, wird auf dem Behälter 12 durch ein Trägerelement 13 positioniert und fixiert.

Der Zylinder 14 ist aus einem Metallmaterial hergestellt, das sich für eine Hochfrequenzinduktionshärtingsbehandlung eignet, wie beispielsweise Gußeisen, und mit Zylinderbohrungen 14 eines in dieser Ausführungsform vierzylinderigen Motors als Härtingsflächen versehen. Auf einer vertikalen Oberfläche der Säule 2 sind ein Paar Z-Achsen-schienen 15, 15 montiert, die sich nach oben und unten erstrecken, entlang derer ein Lift 16 beweglich angeordnet ist. Zu diesem Zweck ist der Lift 16 mit einer Rückplatte 17 versehen, auf der eine Vielzahl von Gleitstücken 18 montiert ist, so daß die Gleitstücke gleitenden auf den Z-Achsen-schienen 15, 15 bewegbar sind. Ein Z-Achsen-Motor M3, der auf einem oberen Teil der Säule 2 montiert ist, ist mit einer Kugelumlaufspindel 19 verbunden, die durch Kugeln mit einer Kugelführungsnut 20 im Eingriff steht. Die Kugelführungsnut 20 ist mit dem Plattenteil 17 verbunden, so daß

der Lift 16 durch eine Drehbewegung des Z-Achsen-Motors M3 in Aufwärts- und Abwärtsrichtung bewegt werden kann.

Der Lift 16 ist mit dem Plattenteil 17 und einem Basis-
teil 21 versehen, das sich horizontal erstreckt und integral auf einer Frontseite des Plattenteils 17 montiert ist. Auf der Basis 21 ist ein Transformator 22 zur Transformation einer Energieversorgung für die Hochfrequenzinduktionsheizung montiert. Ein Härtingskopf 23 ist auf einer unteren Oberfläche der Basis 21 montiert, um vertikal und nach unten davon weg zu hängen. Somit ist der Härtingskopf mittels des Z-Achsen-Motors M3 in Aufwärts- und Abwärtsrichtung bewegbar. Auf der oberen Oberfläche der Basis 21 ist über einen Scheiben-träger 24 eine Scheibe 25 montiert. Wie in Fig. 2 gezeigt ist, ist die Scheibe 25 mit einem Gewindeteil am äußeren Ende ausgebildet, während eine Drehwelle 27 eines Motors M4 zum Verändern der Winkelausrichtung des Härtingsgebietes mit einem Zahnrad 28 versehen ist, das im Eingriff mit dem Gewindeteil 26 der Scheibe 25 steht.

Somit wird die Winkelausrichtung des Härtingskopfes und des Transformators 22 integral um eine zentrale Achse des Härtingskopfes um einen vorbestimmten Winkel in einer horizontalen Ebene gedreht, wenn der Motor M4 eine Drehbewegung in Rückwärts- und Vorwärtsrichtung macht.

Auf entgegengesetzten Seiten der Basis 1 sind ein Paar Ausgleichsluftzylinder 29 montiert, so daß sie sich nach oben und unten erstrecken. Entsprechende Kolbenstangen 30 der Zylinder 29 sind mit einer Klammer 32 des Lifts 16 über Verbindungsstücke 31 verbunden, so daß die Luftzylinder 29 den Z-Achsen-Motor M3 mit einer Hilfskraft gegen das Gewicht des Hebemechanismus, einschließlich des Lifts 16 und des Transformators 22 und dergleichen versehen, um die Betriebsbelastung des Z-Achsen-Motors M3 zu dämpfen. In diesem Fall werden die Kolbenstangen 30 des Luftzylinders 29 gehoben, um die Last auf den Motor M3 abzuschwächen, wenn sich der Lift 16 nach oben und unten bewegt.

Ein Bohrungspositionssensor 33 ist auf dem Träger 3 zur Messung von Positionen der Bohrungen 14a des Zylinderblocks 14 vorgesehen. Es kann ein beliebiger bekannter Sensor verwendet werden, sofern der Durchmesser einer Zylinderbohrung damit gemessen werden kann. Üblicherweise erhält ein Sensor eine gemessene Position des Zentrums der Zylinderbohrung.

Auf dem oberen Tisch 8 des Arbeitstisches 11 sind ein Berührungssignalmeßfühler 34 zur Messung der Position des Härtingskopfes 23 und ein Hauptring 35 mit einer runden Vertiefung als Referenzteile des Tisches 8 montiert, welcher einen Referenzpunkt des Tisches 8 bildet. Der Berührungssignalmeßfühler 34 und der Hauptring 35 sind in einem Abstand zueinander auf dem Tisch 8 angeordnet, so daß sie nach oben vorstehen.

Der Bohrungspositionssensor 33 ist so ausgelegt, daß er sich in Aufwärts- und Abwärtsrichtung bewegt.

Wie in Fig. 4 gezeigt ist, ist der Sensor 33 auf einem Lift 36 montiert, während ein Paar Schienen 38 auf einer Klammer 37 montiert sind, die auf der Stütze 3 angeordnet ist. Eine Vielzahl von Gleitstücken 39 sind auf einer hinteren Oberfläche des Lifts 36 montiert. Die Gleitstücke 39 greifen in die Schienen 38 ein, so daß der Sensor 33 sich in Aufwärts- und Abwärtsrichtung durch die Drehbewegung des Liftmotors M5 bewegt.

Der Motor M5 ist mit einer Kugelumlaufspindel 41 über eine Kupplung 40 verbunden. Eine Kugelführungsnut 42, die mit dem Lift 36 verbunden ist, steht über Kugeln mit der Kugelumlaufspindel 41 im Eingriff.

In den Fig. 5 bis 8 ist der Härtungskopf 23 gezeigt. Der Härtungskopf 23 ist mit einem Verbindungsflansch 43 versehen, der mit einer sekundären Seite des Transformators 22 verbunden ist, mit einer Induktionsspule 44 und einer Kupferleitung zur Verbindung des Flansches 43 und der Induktionsspule 44. Sie sind durch einen Isolator aus Tetrafluorethylen, Harz oder Mika isoliert.

In dieser Ausführungsform ist die Induktionsheizspule 11 mit elf Vorsprüngen 47 und Vertiefungen 48 (siehe Fig. 7) versehen, die gleichmäßig in ihrer Umfangsrichtung beabstandet sind, so daß elf getrennte gehärtete Teile, die umfangsmäßig gleich voneinander beabstandet sind, gleichzeitig auf der Bohrung 14a des Zylinderblocks 14 durch einen Härtungsvorgang ausgebildet werden. Magnetkerne 49 sind auf den jeweiligen Vorsprüngen 7 angeordnet, um die magnetische Flußdichte zu verstärken. Ein Meßabschnitt 50 aus Kunstharz, wie beispielsweise NC-Nylon, der im Härtungskopf 23 zentriert ist, ist im Härtungskopf 23 an einem unteren Teil der Induktionsheizspule 44 befestigt, um den Kopf 23 zu zentrieren.

Zusätzlich ist ein nicht magnetisches, leitendes Teil 51, das aus rostfreien Drähten, die zu einer Kreuzform zusammengebaut sind, auf dem Kopf 23 an der untersten möglichen Position oder am Spitzenende des Kopfes montiert, um sich in die Bohrung 14a einzuschieben, um einen Kontakt des Kopfes 23 mit der Oberfläche der Bohrung 14a zu detektieren. Das nichtmagnetische, leitende Teil 51 besteht aus einem nachgiebigen Teil, das um eine Länge L von einem äußeren Ende der Spule 44 vorsteht. Die Kontaktdetektionsschaltung kann so zusammengesetzt sein, wie das in Fig. 8 gezeigt ist, wobei sie das nichtmagnetische, leitende Teil 51 verwendet. In der Schaltung sind eine Energiequelle 54 und ein Kontaktdetektionsrelais 55 auf einer Linie 53 angeordnet, die die Erde 52 mit dem Verbindungsflansch 43 des Kopfes 23 verbindet. Die Induktionsheizspule 44 ist mit dem nicht magnetischen, leitenden Teil 51 über eine Leitung 56 aus rostfreiem Material verbunden. Einige zehn Volt werden beispielsweise von der Energiequelle 54 Teil 51 gelegt. Das Relais 55 schaltet ein, wenn das Teil 51 in Kontakt mit der Bohrung 14a gebracht wird, um einen geschlossenen Kreis zu bilden, in dem Fall, bei dem der Kopf 23 in die Bohrung 14a eingeschoben wird.

Wie vorher erwähnt wurde, sind das Teil 51 und die Leitung 56 aus rostfreien Materialien hergestellt, die nicht magnetisch, leitend und hitzebeständig sind.

Ein Kühlwasserversorgungssystem ist, wie in Fig. 9 gezeigt, vorgesehen, um das Wasser W abzulassen und im Hinblick auf den Behälter 12 zirkulieren zu lassen.

Das System ist mit einer Wasserrückführleitung 60 versehen, die auf dem Boden der Basis 1 ausgebildet ist, einem Abfallbehälter 61, der an einem Ende der Leitung 60 angeordnet ist, die zum Behälter 61 hin geneigt ist, einem Wasserversorgungsbehälter 62, der in der Nähe der stromaufwärtigen Seite der Leitung 60 angeordnet ist. Ein Saugkopf 63, der im Behälter 61 angeordnet ist, ist mit einer ersten Pumpe 65 verbunden, um das Wasser durch eine Ansaugleitung 64 zu führen. Ein Wasserflußregulierungsventil 67 ist mit der Pumpe 65 durch eine Zuführleitung 66 verbunden. Die Zuführleitung 66 ist in drei Verzweigungsleitungen 68, 69 und 70 aufgeteilt. In der ersten Verzweigungsleitung 68 ist ein erstes Ventil 71 angeordnet. Die Leitung 68 ist mit Einlaßanschlüssen verbunden, die auf entgegengesetzten Seiten des Behälters 12 ausgebildet sind. In ähnlicher Weise ist die zweite Leitung 69 mit einer Vielzahl von Einlaßanschlüssen 74

versehen, die auf der Bodenoberfläche des Behälters 12 ausgebildet sind. Die Leitungen 66, 68, 69 und 70 sind flexibel genug, um es dem Behälter 12 zu gestatten, sich beim Folgen des Arbeitstisches 11 zu bewegen.

In der dritten Verzweigungsleitung 70 ist ein drittes Ventil 75 angeordnet. Ein Ende der Leitung 70 ist mit einem Rohr 76 verbunden, daß am Bodenteil des Behälters 12 angeordnet ist. Das Rohr 76 ist mit den Wasserinjektionsdüsen 77 verbunden, die an unteren Positionen der jeweiligen Zylinderbohrungen 14a angeordnet sind, um das Kühlwasser zuzuführen. Das erste, zweite, dritte und vierte Ventil 71, 73, 75 und 85 könnte durch ein magnetischen Schieber oder eine Kombination aus einem magnetischen Schieber und einem Flußregulierer ersetzt werden. Das Wasser im Behälter 12 wird schnell aus dem Tank in die Rückführleitung 60 entladen, wenn ein Sicherheitsventil 78, das am Boden des Behälters 12 angeordnet ist, geöffnet wird. Überfließendes Wasser vom Behälter 12 wird ebenfalls darüber in die Rückführleitung geführt. Ein Saugkopf 79, der im Abfallbehälter 61 angeordnet ist, ist mit einer zweiten Pumpe 81 über eine Saugleitung 80 verbunden. Eine Versorgungsleitung 82 der zweiten Pumpe 81 ist in den Versorgungsbehälter 62 eingeführt. Auf der Leitung 82 sind ein Filter 83, eine Kühlvorrichtung 84 zur Regelung der Wassertemperatur auf einen gewünschten Wert und ein viertes Ventil 85 angeordnet.

Ein Antikorrosionsagens ist dem Wasser zugegeben, das dem Behälter 12 vom Versorgungsbehälter 62 zugeführt wird und durch die Rückleitung 60 in den Abfalltank geführt wird, nachdem das Wasser W benutzt wurde, um das Werkstück zu kühlen. Die zweite Pumpe 81 pumpt das Wasser W durch die Versorgungsleitung 82 in den Behälter 61, um das Wasser für die Zirkulation zuzuführen.

Wie in den Fig. 10 und 11 gezeigt ist, ist die Injektionsdüse 77 mit einer ringförmig geneigten Oberfläche 77a an ihrer oberen Endoberfläche ausgebildet. Die Oberfläche 77a ist mit einer Vielzahl von Wasserinjektionslöchern 77b versehen, von denen das Kühlwasser injiziert wird, um Hauptströmungslinien A entlang der inneren Oberfläche der Zylinderbohrung 14a zu bilden.

In dieser Ausführungsform wird der Härtungskopf 23 mittels des Z-Achsen-Motors M3 vom oberen Teil zum unteren Teil der Zylinderbohrung 14a bewegt. Der Härtungsvorgang des Kopfes 23 wird nach unten durchgeführt, wie dies durch einen Pfeil B gezeigt ist und das Kühlwasser W wird in die Bohrung 14a nach oben injiziert.

Fig. 12 zeigt ein Blockdiagramm der Steuerschaltung der Hochfrequenzinduktionshärtungsvorrichtung. Die CPU 90 empfängt verschiedene Signale vom Positionssensor 33, dem Berührungsmeßfühler 34 und dem Kontaktdetektionsrelais 55 und steuert daraufhin den Y-Achsen-Motor M1, den X-Achsen-Motor M2, den Z-Achsenmotor M3, den Härtungskopfverschiebomotor M4, den Bohrungssensorhebomotor M5, die Luftzylinder 29, den Oszillator 87, das Sicherheitsventil 78, die Pumpen 65, 81, die Ventile 71, 73, 75 und 85 und den Flußregulierer 67 gemäß einem im ROM 86 gespeicherten Programm. Das RAM 88 speichert verschiedene Daten und Tabellen, wie beispielsweise die Daten der Bohrung 14a, die man durch den Bohrungspositionssensor 33 erhält, die gemessenen Daten des Hauptzylinders 14, die man durch den Sensor 33 erhält, die Positionsdaten des Härtungskopfes 23, die man durch den Berührungsmeßfühler 34 erhält, die Positionsdaten des Bohrungspositionssensors 33, die man durch den Berüh-

rungsmeßfühler 34 erhält und dergleichen.

Die Montageposition des Härtungskopfes 23 wird unter Verwendung des Meßabschnittes 50 aus NC-Nylon gemessen, der zentriert und am Härtungskopf 23 befestigt wird. Ein rundes Spitzenendteil des Berührungsmessfühlers 34 wird in Kontakt mit einem äußeren Ende des Meßabschnittes 50 des Kopfes 23 gebracht, der vom nicht magnetischen, leitenden Teil 51 45 Grad entfernt ist. Wenn Meßdaten für vier Positionen auf dem äußeren Ende des Meßabschnittes 50 gesammelt wurden, wird die Zentrumsposition des Kopfes 23 basierend auf den Daten der vier Punkte berechnet. Der Oszillator 87 ist mit einer (nicht gezeigten) Hochfrequenzenergiequelle verbunden.

Unter Bezugnahme auf die Fig. 13, 14 und 15 werden das Spulenpositionsbestimmungsverfahren, das Koordinatennullstellverfahren und das Bohrungspositionseinstellverfahren erläutert.

Bezieht man sich auf Fig. 13, so wird das Bestimmungsverfahren der Induktionsspulenposition oder der Härtungskopfposition folgendermaßen durchgeführt. Der Härtungskopf 23 wird auf einem Teil einer sekundären Seite des Transformators 22 von Hand montiert (Schritt S1) und mißt Fehler, so wie er montiert ist, in Schritt S2.

In diesem Fall wird der Arbeitstisch 11 durch den Y-Achsen-Motor M1 und den X-Achsen-Motor M2 bewegt, um den Bohrungspositionssensor 33 mit dem Berührungsmessfühler 34 zu messen. In ähnlicher Weise wird der Arbeitstisch 11 so bewegt, daß der Berührungsmessfühler 34 den Härtungskopf 23 messen kann. In diesem Fall wird das runde Spitzenendteil des Berührungsmessfühlers 34 in Kontakt mit der Meßposition 50 eines NC-Nylons gebracht, um eine zentrierende Position des Härtungskopfes 23 zu erhalten.

In Schritt S3 beurteilt die CPU 90, ob die Positionsfehler der Spule 44 innerhalb eines vorbestimmten Bereiches liegen, sie beurteilt die Fehler beispielsweise als akzeptabel, wenn sie kleiner als 0,1 mm sind.

In Schritt S4 berechnet die CPU 90 die Position des Härtungskopfes 23, basierend auf den Meßdaten des Bohrungspositionssensors 33. Die Montagepositionsdaten des Härtungskopfes 23, die man auf die vorher erwähnte Art erhalten hat, werden in einem vorbestimmten Gebiet des RAM 88 gespeichert. Diese Reihe von in Fig. 13 gezeigten Prozeduren wird beim Start ausgeführt und danach in vorbestimmten Intervallen wiederholt.

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf Fig. 14 das Koordinatennullstellverfahren erläutert. Im Schritt S11 bestätigt die CPU 90 die Position des Hauptrings 35. In diesem Fall wird der Hauptring 35 durch eine Bewegung des Arbeitstisches 11 direkt unter den Bohrungspositionssensor 33 bewegt, dann wird der Bohrungspositionssensor 33 abgesenkt, um in den Hauptring 35 eingeschoben zu werden. Somit kann die Position des Hauptrings 35 bestätigt werden. In Schritt S12 beurteilt die CPU 90, ob sich die Koordinatenfehler in einem erlaubten Bereich befinden oder nicht. Beispielsweise beurteilt die CPU 90 die Fehler als akzeptabel, wenn sie nicht größer als 80 Mikrometer sind. Wenn die Beurteilung positiv ist, geht das Verfahren weiter zu Schritt S13. Wenn die Beurteilung aber negativ ist, geht das Verfahren zu Schritt S14. In Schritt S13 führt die CPU 90 die Nullstellung der Koordinaten aus, während sie in Schritt S14 die Maschine stoppt. Die Nullstellendaten werden in einem vorbestimmten Gebiet des RAM 88 gespeichert. Die Folge von Prozeduren, die in Fig. 14 gezeigt ist,

wird zu Beginn ausgeführt und danach in vorbestimmten Intervallen wiederholt.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf das Flußdiagramm der Fig. 15 das Bohrungspositionseinstellverfahren erläutert. Im Schritt S21 bestätigt die CPU 90 die Position der Bohrung des Zylinderblocks 14. In diesem Fall wird der Zylinderblock 14 durch die Bewegung des Arbeitstisches 11 bewegt, um die Bohrung 14a direkt unter dem Bohrungspositionssensor 33 zu positionieren. Dann wird der Bohrungssensor 33 durch den Motor M5 abgesenkt, um in die Bohrung 14a eingeschoben zu werden.

In Schritt S22 beurteilt die CPU 90, ob sich die Position der Bohrung 14a im erlaubten Bereich befindet oder nicht. Die CPU 90 beurteilt beispielsweise die Position als akzeptabel, wenn der Betrag, der für den Koordinatennullstellungswert eingestellt werden muß, nicht größer als 0,2 mm ist. Wenn die Beurteilung positiv ist, wird Schritt S23 ausgeführt. Wenn die Beurteilung negativ ist, wird das Werkstück, das als nicht gut beurteilt wird, ausgeschlossen.

Im Schritt S23 bestimmt die CPU 90 den Betrag für die Einstellung der Bohrungsposition, vergleicht die bestätigten Daten der Bohrungsposition und des Koordinatennullstellungswertes und führt die Einstellung der Bohrungsposition durch eine Steuerung des Arbeitstisches 11 aus. In diesem Fall wird dieses Verfahren für alle Zylinderbohrungen 14a ausgeführt. Als nächstes startet die CPU 90 in Schritt S24 den Härtungsvorgang. Vor der Ausführung des Härtungsvorgangs in Schritt S24 betätigt die CPU 90 die erste Pumpe 65 und dergleichen, um das Kühlwasser in den Behälter mindestens bis zur hypothetischen Linie a in Fig. 9 (was ungefähr dem halben Pegel des Behälters 12 entspricht) einzufüllen. Weiterhin wird vor dem Härtungsvorgang der Behälter 12 aus der in Fig. 1 gezeigten Position nach rechts in eine andere Position bewegt, wo die Zylinderbohrung 14a direkt unter dem Härtungskopf 23 plaziert wird, indem die Bewegung des Arbeitstisches 11 gesteuert wird. Dann wird der Härtungskopf 23 in die Bohrung 14a bewegt. Wenn das nicht magnetische, leitende Teil 51 mit der Oberfläche der Bohrung 14a in Kontakt tritt, wird das Kontaktdetektionsrelais 55 angeschaltet, so daß die CPU 90 den Z-Achsen-Motor M3 stoppt. Wenn das Teil 51 nicht mit der Oberfläche der Bohrung 14a in Kontakt steht, wird der Hochfrequenzhärtungsvorgang ausgeführt.

Wenn der Härtungsvorgang gestartet wird, betätigt die CPU 90 die erste Pumpe 65 und dergleichen, um den Behälter 12 mit Kühlwasser W durch die Einlaßöffnungen 72 und 74 zu füllen, bis zu einem Pegel, bei dem sich die gesamte Zylinderbohrung 14a unter Wasser befindet, wie das in Fig. 9 durch die durchgezogene Linie angezeigt ist.

In dieser Ausführungsform wird der Z-Achsen-Motor M3 betätigt, um den Härtungskopf 23 um eine vorbestimmte Distanz nach unten zu bewegen, wenn der Härtungsvorgang ausgeführt wird, so daß Reihen von gehärteten Teilen, a, b, c, d, e, f, g, h, i und j einzeln nacheinander in dieser Reihenfolge ausgebildet werden, wie dies in Fig. 16 gezeigt ist. Der Härtungsvorgang zur Ausbildung einer Reihe gehärteter Teile auf der Oberfläche der Bohrung 14a benötigt ungefähr 0,5 Sekunden und die Bewegung des Kopfes 23 zur nächsten Position benötigt 0,5 Sekunden. Wenn sechs Reihen gehärteter Teile ausgebildet werden sollen, so werden ungefähr 6 Sekunden für die Härtungsvorgänge einer gesamten Bohrung 14a benötigt.

In diesem Fall wird, da sich der Härtungskopf 23 beim Durchführen des Härtungsvorgangs nach unten bewegt, wie das durch den Pfeil B in Fig. 10 gezeigt ist, das Wasser W nach oben gegen die erwärmten Teile injiziert. Die Injektion A aus den Injektionslöchern 77b der Düsen 77, die an unterer Position der Bohrung 14a angeordnet sind, wird entlang der Oberfläche der Bohrung 14a kontinuierlich angewandt.

Fig. 16 zeigt gehärtete Muster, die auf der Oberfläche der Bohrung 14a, die um die Z-Achse abgewickelt ist, ausgebildet sind. In Fig. 16 sind die gehärteten Teile durch die schraffierten Teile dargestellt. Beim Durchführen des Härtungsvorgangs werden die gehärteten Teile a, b, c, d, e, f, g, h, i und j in dieser Reihenfolge von oben nach unten ausgebildet. Um die gehärteten Teile f, g, h, i und j nach den Härtungsvorgängen a, b, c, d, e durchzuführen, ist es notwendig, den Härtungskopf um einen gewissen Winkel zu drehen. Für diesen Zweck betätigt die CPU 90 den Motor M4, um die Winkelposition des Härtungskopfes 23 zusammen mit dem Transformator 22 durch das Zahnrad 28, das Gewinde 26 und die Scheibe 25 um einen vorbestimmten Winkel zu verschieben. Durch diese Reihenfolge des Härtungsvorgangs kann der Wärmeeinfluß von vorherigen Härtungsvorgängen minimiert werden, während durch das Wasser W eine größere Kühlungszeit geliefert werden kann, so daß die versetzten Muster mit den gehärteten Teil wie in Fig. 16 gezeigt, wirksam ausgebildet werden können. Gemäß dem gehärteten Muster, wie es in Fig. 16 gezeigt ist, verbleiben nicht gehärtete Teile, die keiner Härtungsbehandlung unterzogen werden und sie sind gleichmäßig auf der Oberfläche der Bohrung 14a verteilt. Somit kann das Schmiermittel auf den nicht gehärteten Teilen wirksam gehalten werden. Die gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildete Oberfläche der Bohrung 14a kann den Verschleißwiderstand verbessern, während sie die gewünschte Schmiereigenschaft beibehält.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird die Kühlwasserinjektion nach oben entgegen der Abwärtsbewegung des Härtungskopfes 23 vorgenommen, so daß das durch die Kühlung des durch Induktion erwärmten Gebietes erwärmte Wasser W, zu einer hinteren Seite des Härtungskopfes 23 geführt wird. Somit kann gekühltes, frisches Wasser wirksam dem durch die Induktion erwärmten Gebiet zugeführt werden. Somit kann der Wärmeeinfluß auf ein folgendes Härtungsgebiet so gut wie möglich unterdrückt werden, so daß ein gleichförmiges Härtungsmuster erzielt werden kann. Im Ergebnis kann eine stabile und hohe Qualität der gehärteten Produkte erreicht werden, die einen gleichmäßigen Verschleiß liefert.

Das Kühlwasser kann durch ein Öl ersetzt werden, das bei der Härtungsbehandlung verwendet werden kann. Der Härtungskopf kann mit einem Kühlungspfad ausgebildet sein. Die Reihenfolge der Härtungsvorgänge kann geändert werden, so daß die gehärteten Teile in der Reihenfolge a, f, b, g, c, h, d, i, e und j ausgebildet werden.

Wie vorher erwähnt wurde, ist die Härtungsvorrichtung mit der Basis 1, der Säule 2 und dem Träger 3, der im mittleren Teil der Basis 1 angeordnet ist, versehen. Über der Basis 1 ist der Arbeitstisch 11 angeordnet, so daß er in der Y- und X-Achsenrichtung bewegt werden kann. Der Behälter 12, in dem das Werkstück angeordnet wird, ist auf dem Werkstisch 11 angeordnet. Die Scheibe 25 und der Härtungskopf 23, der im Zentrum der Scheibe 25 angeordnet ist, sind hinter dem Träger 3

angeordnet.

Wie in Fig. 2 gezeigt ist, ist eine Tempervorrichtung neben der Härtungsvorrichtung angeordnet. Die Tempervorrichtung ist mit einem Paar Schienen 100, 100 versehen, die sich in Y-Achsenrichtung erstrecken. Auf den Schienen 100 ist beweglich ein Tisch 101 angeordnet, auf dem der zu tempernde Zylinderblock 14 angeordnet wird. Ein Temperkopf 102 ist an einem Endteil der Schienen 100 angeordnet. In dieser Ausführungsform ist der Temperkopf 102 mit vier Induktionsheizspulen 103, 103, 103 und 103 zum gleichzeitigen Tempern der vier geraden Zylinderbohrungen versehen. Die Induktionsheizspulen werden durch den Kopf 102 getragen und hängen von ihm nach unten weg, um relativ zu den Bohrungen 14a in der gleichen Weise wie die Induktionsspule 44 des Härtungskopfes 23 positioniert zu werden.

Ein Lift 104 zur Positionierung der Spulen 103 am Zylinderblock 14 und zum Wegbewegen vom Zylinderblock ist vorgesehen. Wenn der Tisch 101 in einer ersten Position entfernt vom Temperkopf 102 positioniert ist, wird ein rechtwinkliges Kühlungsbad 105 zur Kühlung des der Temperbehandlung unterworfenen Zylinderblocks neben dem Tisch 101 angeordnet. Nachdem es gehärtet wurde, wird das Werkstück im Behälter 12 von einer zweiten Position, in der der Härtungskopf positioniert ist, zur ersten Position bewegt, wo das Werkstück durch eine (nicht gezeigte) Ladevorrichtung aus dem Behälter 12 herausgehoben und durch die Ladevorrichtung in X-Achsenrichtung entlang einer Linie X1 zur Tempervorrichtung befördert wird.

In diesem Fall wird der Zylinderblock 14 auf dem Tisch 101 plaziert, der sich an der ersten Position befindet. Als nächstes wird das Werkstück 14 von der ersten Position zur zweiten Position direkt unter den Temperkopf 102 bewegt. Dann wird der Lift 104 betätigt, um den Temperkopf 102 abzusenken, so daß die Induktionsspule 103 in die Bohrung 14a eingeschoben und so positioniert wird, daß sie der Oberfläche der Bohrung 14a in einer vorbestimmten Distanz, die für die Induktionserwärmung optimiert ist, gegenübersteht. Dann wird die Energieversorgung unter einer vorbestimmten Bedingung an den Temperkopf gelegt, um den Zylinderblock 14 in ungefähr einer Minute von Zimmertemperatur auf ungefähr 300—350 Zentigrad zu erhitzen. Der Zylinderblock wird für eine vorbestimmte Zeitdauer auf der Temperatur gehalten. Dann wird der Tisch 101 von der zweiten Position in die erste Position, entfernt vom Temperkopf, bewegt. Die Ladevorrichtung wird betätigt, um das Werkstück 14 vom Tisch 101 aufzunehmen und das Werkstück zum Kühlungsbad 105 zu transportieren, wo das Werkstück in das Wasser eingetaucht und in einigen Minuten auf die Außentemperatur abgekühlt wird.

Danach wird das Werkstück 14 aus dem Kühlungsbad 105 durch die Ladevorrichtung herausgezogen, in X-Achsenrichtung transportiert und auf dem Tisch 106 plaziert. Dann wird das Werkstück 14 zu einem Fördermittel 107 transportiert. Danach wird das Werkstück auf ein automatisch gesteuertes Fahrzeug geladen und in die Produktionslinie zurückgeführt.

Obwohl die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf eine spezielle, bevorzugte Ausführungsform erläutert wurde, wird ein Fachmann erkennen, daß Modifikationen und Verbesserungen vorgenommen werden können, solange man sich innerhalb des Umfangs und der Idee der vorliegenden Erfindung bewegt. Der Umfang der vorliegenden Erfindung wird allein durch die

angefügten Ansprüche bestimmt.

Patentansprüche

1. Hochfrequenzinduktionshärtungsverfahren zur teilweisen Härtung eines Werkstücks mittels einer Hochfrequenzinduktionserwärmung in einem Flüssigkeitsbad mit folgenden Schritten:
Anordnen des Werkstücks in einem Flüssigkeitsbad,
Anordnen eines Härtungskopfes zur Ausführung einer Hochfrequenzinduktionserwärmung im Flüssigkeitsbad, und
Anordnen einer zu härtenden Härtungsfläche des Werkstücks am Härtungskopf, so daß diese einer Induktionserwärmung unterworfen wird, um ein teilweise gehärtetes Gebiet auf der Härtungsfläche zu bilden, um somit ein gehärtetes Muster mit einer Vielzahl von im wesentlichen getrennten, gehärteten Abschnitten an der Härtungsfläche des Werkstücks zu erzeugen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren weiter folgende Schritte umfaßt: Durchführen eines Härtungsvorgangs, bei welchem eine vorbestimmte Leistung an den Härtungskopf angelegt wird, um einen gehärteten Abschnitt an einem Teil der Härtungsfläche des Werkstückes in einer vorbestimmten Zeitdauer zu bilden, so daß eine Reihe gehärteter Abschnitte, die in einer Richtung ausgerichtet sind, durch den Härtungsvorgang gebildet wird, und wobei, wenn der Härtungsvorgang wiederholt ausgeführt wird, wobei die Position des Härtungskopfes relativ zur Härtungsfläche verschoben wird, eine Vielzahl Reihen von gehärteten Abschnitten an der Härtungsfläche ausgebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der Härtungskopf eine ringförmige Konfiguration aufweist und das Werkstück mit einer ringförmigen Härtungsfläche versehen ist, die dem ringförmigen Härtungskopf entspricht, so daß eine Reihe gehärteter Abschnitte, die umfangsmäßig voneinander beabstandet sind, an der Härtungsfläche durch das einmalige Ausführen des Härtungsvorgangs ausgebildet wird, und wobei der Härtungsvorgang wiederholt ausgeführt wird, während der Härtungskopf sich relativ zur Härtungsfläche des Werkstücks bewegt, um ein gehärtetes Muster mit einer Vielzahl von im wesentlichen getrennten, gehärteten Abschnitten auszubilden, die axial und umfangsmäßig voneinander an der Härtungsfläche beabstandet sind.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Kühlwasser einem erwärmten Gebiet des Werkstücks, das durch die Induktionserwärmung erwärmt wurde, in einer Richtung zugeführt wird, die entgegen der Richtung liegt, in welcher der Härtungskopf gemäß einer vorbestimmten Härtungsreihenfolge entlang der Härtungsfläche des Werkstückes bewegt wird, während er die gehärteten Abschnitte ausbildet.
5. Verfahren nach Anspruch 1, das weiter folgende Schritte aufweist:
Anordnen des Flüssigkeitsbades an einer ersten Position,
Anordnen des Härtungskopfes an einer zweiten Position, die zur ersten Position in einer vorbestimmten Entfernung beabstandet ist,
Anordnen des Werkstückes in einem Behälter für das Flüssigkeitsbad, und Positionieren des Härtungskopfes relativ zum Werkstück durch Bewe-

gen des Härtungskopfes und/oder des Behälters, so daß der Härtungskopf gegenüber der Härtungsfläche des Werkstückes in einer vorbestimmten Positionsbeziehung zu liegen kommt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Position des Werkstückes erfaßt wird, wenn sich das Werkstück zwischen der ersten und zweiten Position befindet, und wobei der Härtungskopf und/oder das Werkstück im Behälter bewegt den um basierend auf der erfaßten Position des Werkstücks positioniert zu werden.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verfahren ferner folgende Schritte aufweist:

Anordnen des Flüssigkeitsbades an einer ersten Position,

Anordnen des Härtungskopfes an einer zweiten Position, die von der ersten Position um eine vorbestimmte Distanz beabstandet ist,

Anordnen des Werkstückes in einem Behälter für das Flüssigkeitsbad,

Einfüllen einer Flüssigkeit des Flüssigkeitsbades in den Behälter bis zu einem Pegel, bei dem ein Teil des Werkstückes über die Flüssigkeitsoberfläche herausragt, bevor das Werkstück an der zweiten Position positioniert wird,

Erfassen einer Positionsbeziehung zwischen dem Werkstück im Behälter und dem Härtungskopf,

Bewegen des Behälters von der ersten Position zur zweiten Position, wo das Werkstück direkt unter dem Härtungskopf positioniert wird, während Flüssigkeit in den Behälter bis zu einem vorbestimmten Pegel eingegeben wird, bei dem die Hochfrequenzinduktionserwärmung an der Härtungsfläche des Werkstückes durchgeführt werden kann, und

Bewegen des Härtungskopfes in das Flüssigkeitsbad, um den Härtungskopf so zu positionieren, daß er gegenüber der Härtungsfläche des Werkstückes in einer Positionsbeziehung angeordnet wird, die für die Hochfrequenzinduktionserwärmung geeignet ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, das weiterhin folgende Schritte aufweist:

Bewegen des Werkstückes von der zweiten Position zu der ersten Position, und

Entleeren der Flüssigkeit aus dem Behälter, bevor das Werkstück die erste Position erreicht.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1—8, wobei ein Unterschied zwischen der Außentemperatur und der Flüssigkeitstemperatur innerhalb eines vorbestimmten Umfangs gesteuert wird.

10. Hochfrequenzinduktionshärtungsverfahren zur Härtung eines Werkstückes mittels einer Hochfrequenzinduktionserwärmung in einem Kühlwasserbad, bei welchem ein Härtungskopf in einer vorbestimmten Härtungsreihenfolge entlang einer Härtungsfläche des Werkstückes verschoben wird, während die Hochfrequenzinduktionserwärmung durchgeführt wird, wobei Kühlwasser dem durch die Induktionserwärmung erwärmten Gebiet des Werkstückes in einer Richtung zugeführt wird, die der Richtung, in welcher der Härtungskopf gemäß der Härtungsreihenfolge entlang der Härtungsfläche des Werkstückes verschoben wird, während er die gehärteten Teile ausbildet, entgegengesetzt ist.

11. Härtungsvorrichtung zur teilweisen Härtung eines Werkstückes mittels einer Hochfrequenzinduktionserwärmung in einem Flüssigkeitsbad, umfas-

send:
 einen Behälter zur Speicherung einer Flüssigkeit,
 um das Flüssigkeitsbad zu bilden,
 einen Härtungskopf zur teilweisen Härtung eines
 vorbestimmten Gebietes an der Härtungsfläche 5
 des Werkstücks,
 einen Positionssensor zum Erfassen einer Position
 beziehungsweise zwischen der Härtungsfläche und
 dem Härtungskopf,
 eine Positioniervorrichtung zur Positionierung des 10
 Härtungskopfes und der Härtungsfläche des Werk-
 stücks, basierend auf der Beziehung, die durch den
 Positionssensor erfaßt wurde, derart, daß die Här-
 tungsfläche des Werkstückes dem Härtungskopf im
 Flüssigkeitsbad gegenübersteht, und 15
 eine Leistungszufuhrvorrichtung zur Versorgung
 des Härtungskopfes mit Energie unter einer vorbe-
 stimmten Bedingung, wenn die Härtungsfläche des
 Werkstückes in geeigneter Weise am Härtungs-
 kopf positioniert ist, um so die Hochfrequenzinduk- 20
 tionserwärmung durchzuführen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei der Här-
 tungskopf eine ringförmige Konfiguration aufweist
 und die Härtungsfläche des Werkstücks eine ring- 25
 förmige Härtungsfläche ist, die dem Härtungskopf
 entspricht, so daß eine Reihe gehärteter Abschnit-
 te, die umfangsmäßig voneinander beabstandet
 sind, in einem einzigen Härtungsvorgang ausgebil-
 det werden kann, wobei der Härtungskopf mit einer 30
 Vielzahl von Induktionsspulen versehen ist, die
 umfangsmäßig voneinander beabstandet sind, und
 wobei die Vorrichtung ferner eine Umfangsposi-
 tionssteuervorrichtung umfaßt zur Steuerung einer
 relativen Position zwischen dem Härtungskopf und 35
 der Härtungsfläche des Werkstücks in einer Um-
 fangsrichtung und eine axiale Positionssteuervor-
 richtung zur Steuerung einer zentralen axialen
 Richtung einer relativen Position der Härtungsflä-
 che und des Härtungskopfes.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, bei der 40
 der Härtungskopf um eine vorbestimmte Entfer-
 nung entlang der Härtungsfläche des Werkstücks
 gemäß einer vorbestimmten Härtungsreihenfolge
 verschoben wird, wobei die Vorrichtung weiter fol- 45
 gendes umfaßt:
 eine Verschiebungsvorrichtung zur Verschiebung
 des Härtungskopfes entlang der Härtungsfläche
 des Werkstücks gemäß der Härtungsreihenfolge,
 und
 eine Kühlwasserzufuhrvorrichtung zur Zuführung 50
 von Kühlwasser zu einem durch die Induktionser-
 wärmung erwärmten Gebiet in einer Richtung, die
 entgegengesetzt ist zur Richtung, in der der Här-
 tungskopf entlang der Härtungsfläche gemäß der
 Härtungsreihenfolge verschoben wird. 55

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11, 12
 und 13, weiter umfassend:
 einen Positionssensor zum Erfassen einer Position
 des im Behälter angeordneten Werkstücks, wenn
 die Flüssigkeit in den Behälter bis zu einem vorbe- 60
 stimmten Pegel eingefüllt wird,
 eine Bewegungsvorrichtung zur Bewegung des Be-
 hälters, in welchem das Werkstück angeordnet ist,
 aus einer ersten Position, die vom Härtungskopf
 um eine vorbestimmte Entfernung beabstandet ist, 65
 zu einer zweiten Position direkt unter dem Här-
 tungskopf, basierend auf der Positionsbeziehung
 zwischen dem Werkstück und dem Härtungskopf,

und
 eine Positioniervorrichtung zur Positionierung des
 Härtungskopfes relativ zur Härtungsfläche des
 Werkstücks in einer Positionsbeziehung, die für eine
 Hochfrequenzinduktionserwärmung geeignet
 ist, basierend auf dem Ergebnis des Positionssen-
 sors.

15. Vorrichtung, bei der der Härtungskopf um eine
 vorbestimmte Entfernung entlang der Härtungsflä-
 che des Werkstückes gemäß einer vorbestimmten
 Härtungsreihenfolge bewegt wird, umfassend:
 eine Verschiebevorrichtung zur Verschiebung des
 Härtungskopfes entlang der Härtungsfläche des
 Werkstückes gemäß der Härtungsreihenfolge, und
 eine Kühlwasserzufuhrvorrichtung zur Zuführung
 von Kühlwasser zu einem durch die Induktionser-
 wärmung erwärmten Gebiet in einer Richtung, die
 der Richtung entgegengesetzt ist, in der der Här-
 tungskopf entlang der Härtungsfläche gemäß der
 Härtungsreihenfolge verschoben wird.

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

FIG.1

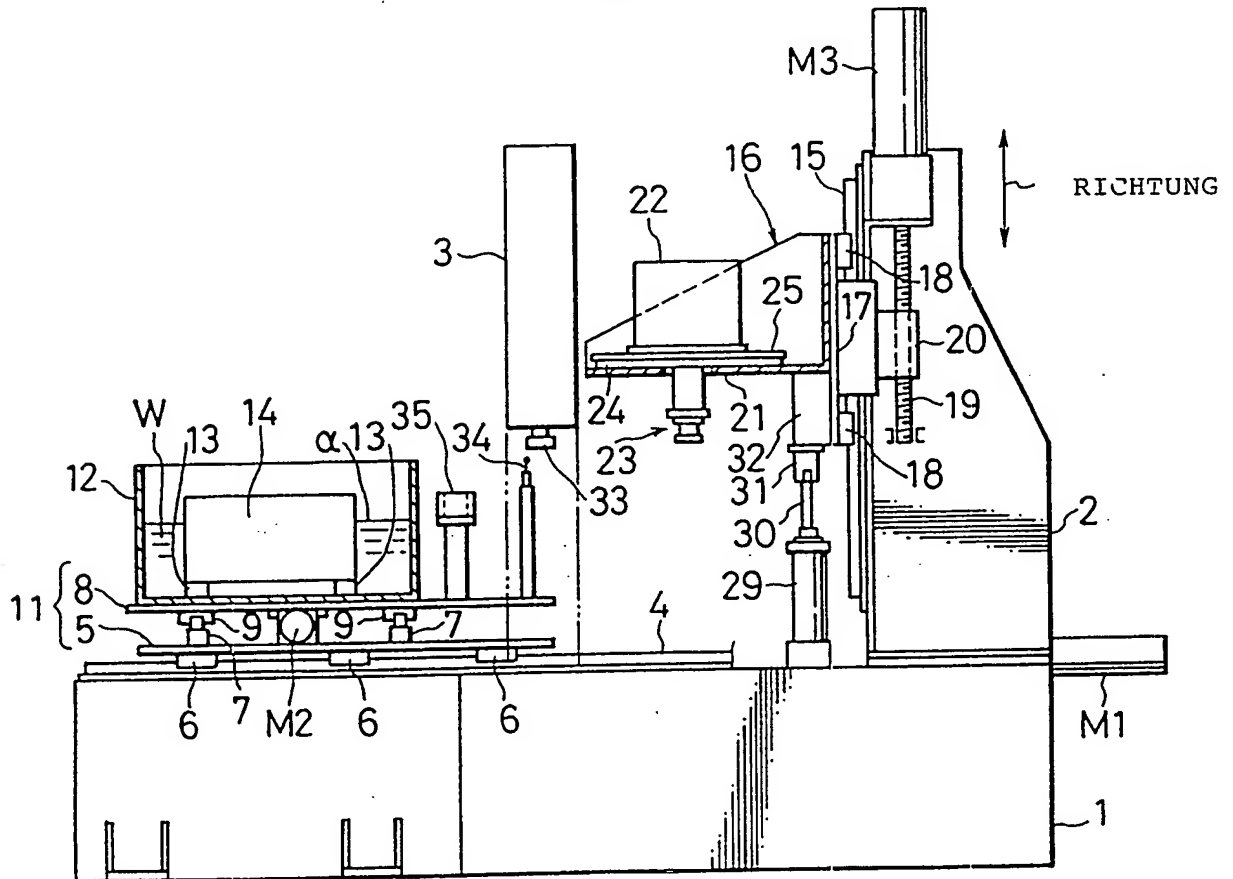


FIG.2

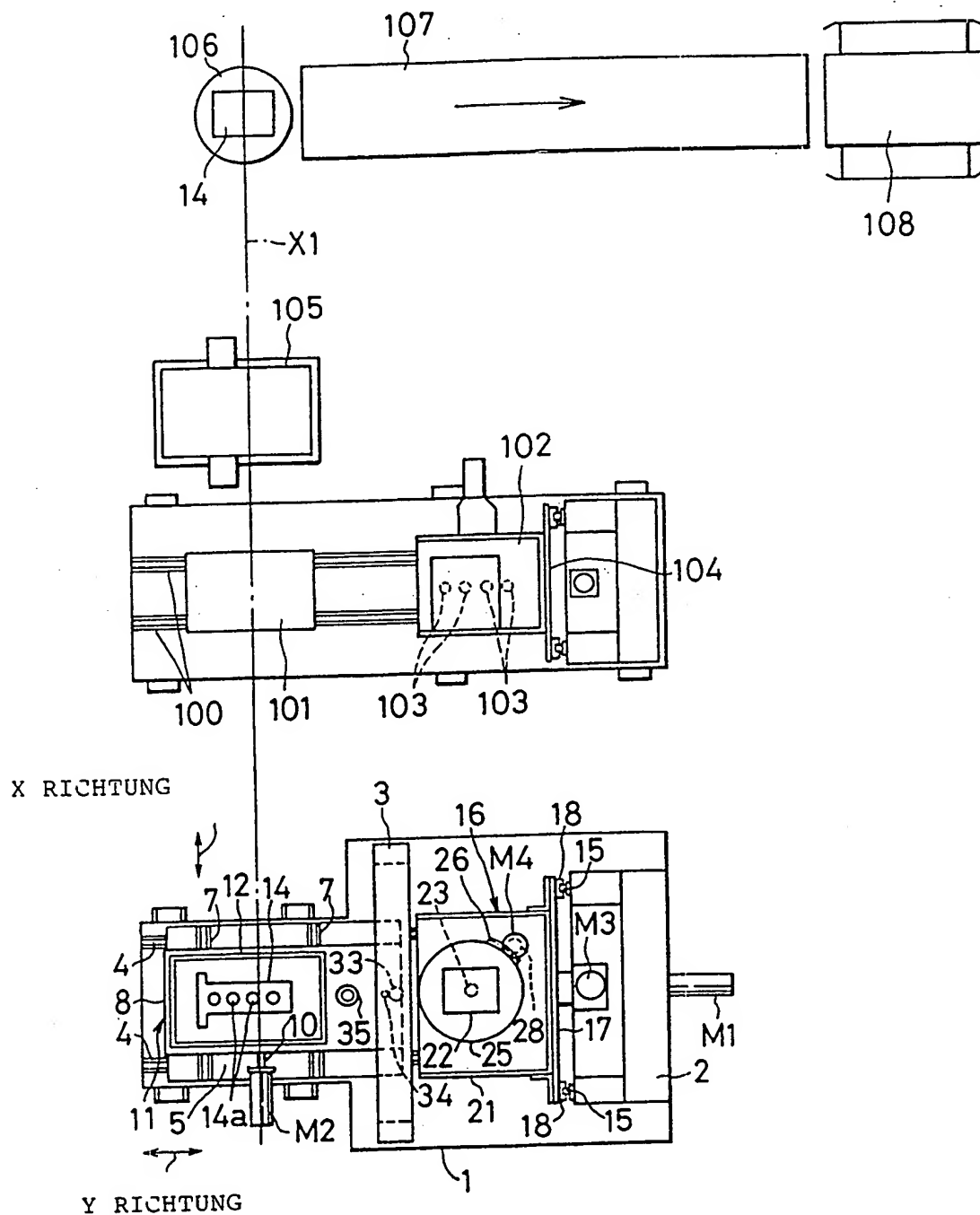


FIG.3

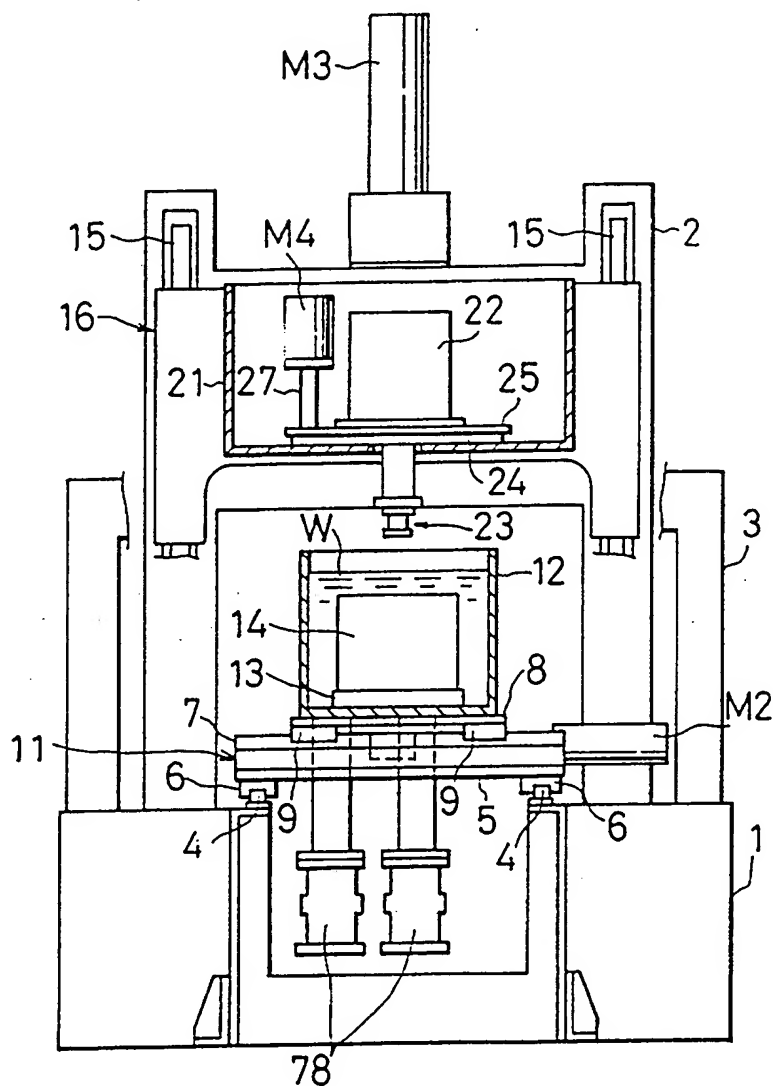


FIG.4

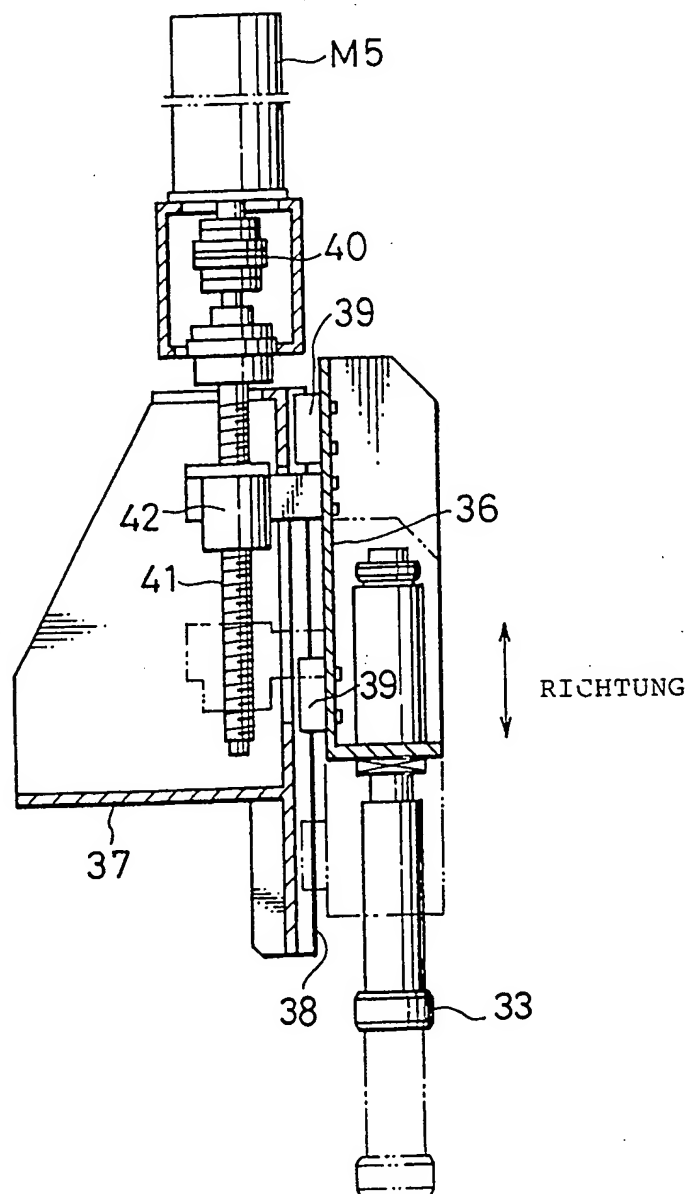


FIG.5

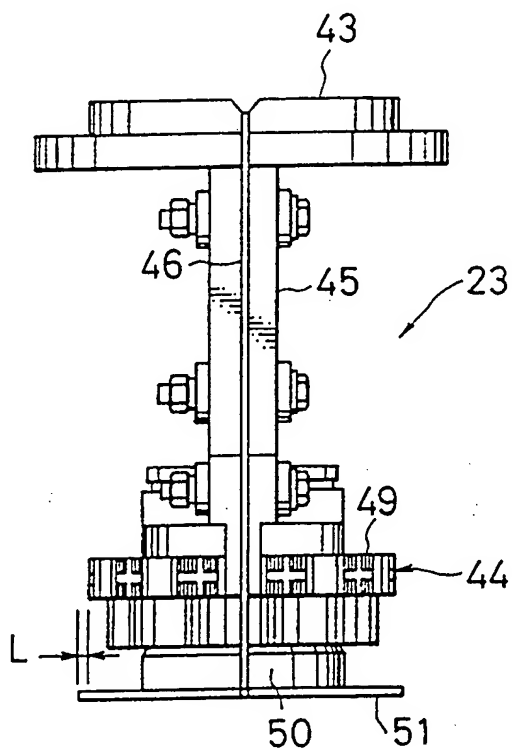


FIG.6

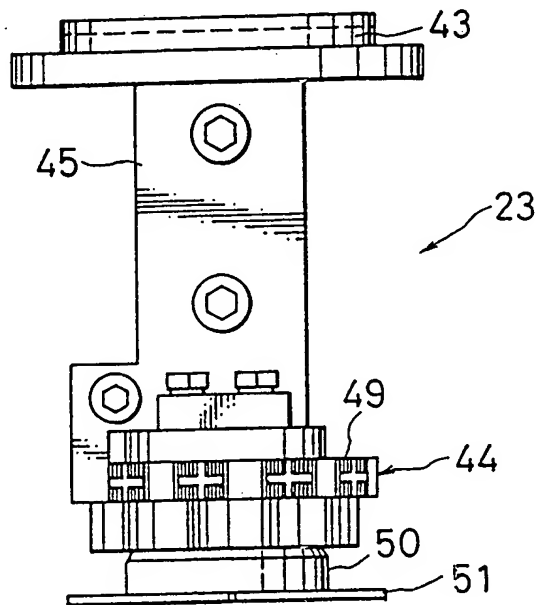


FIG.7

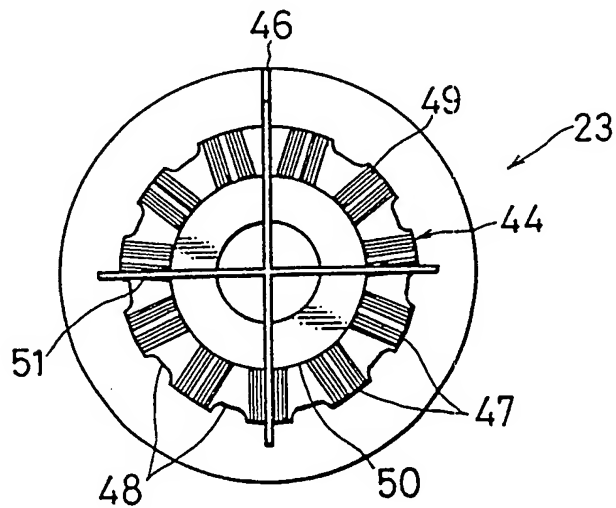


FIG.8

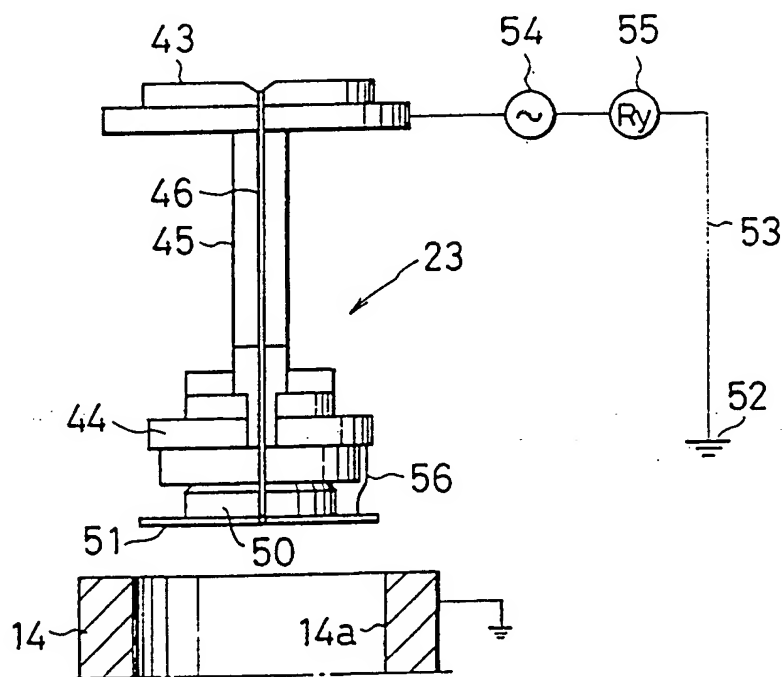


FIG.9

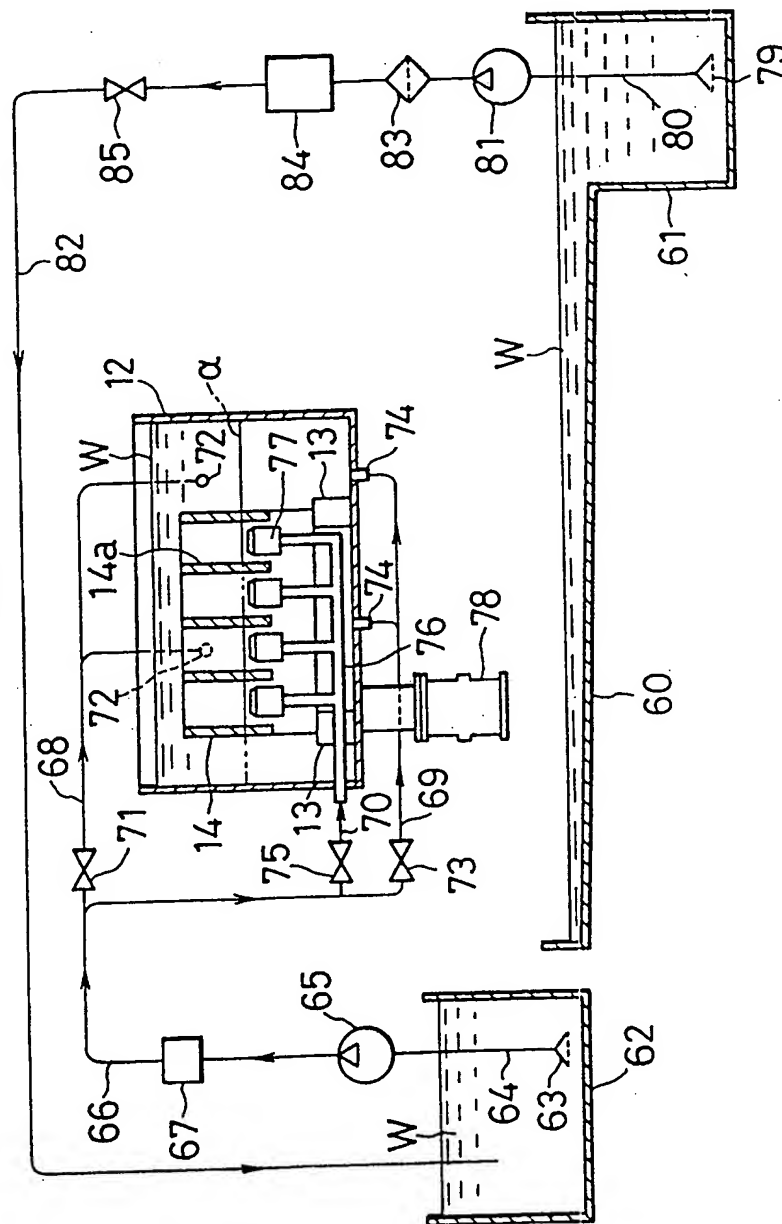


FIG.10

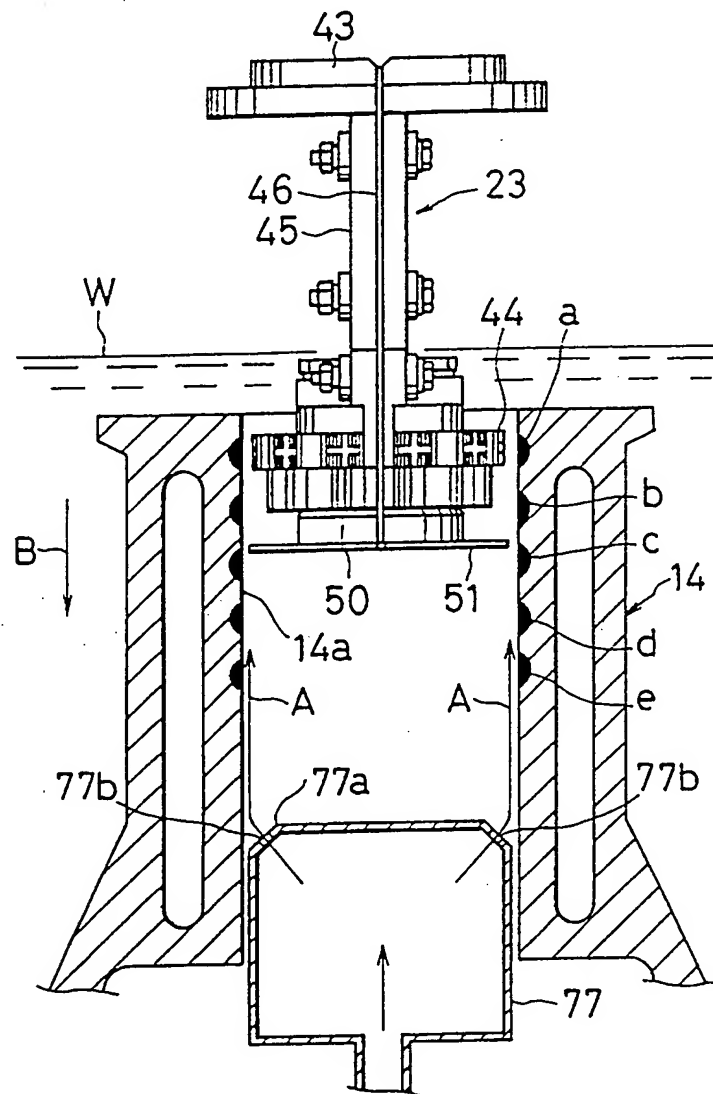


FIG.11

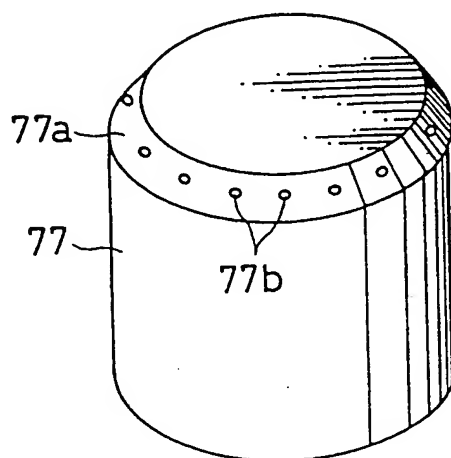


FIG.12

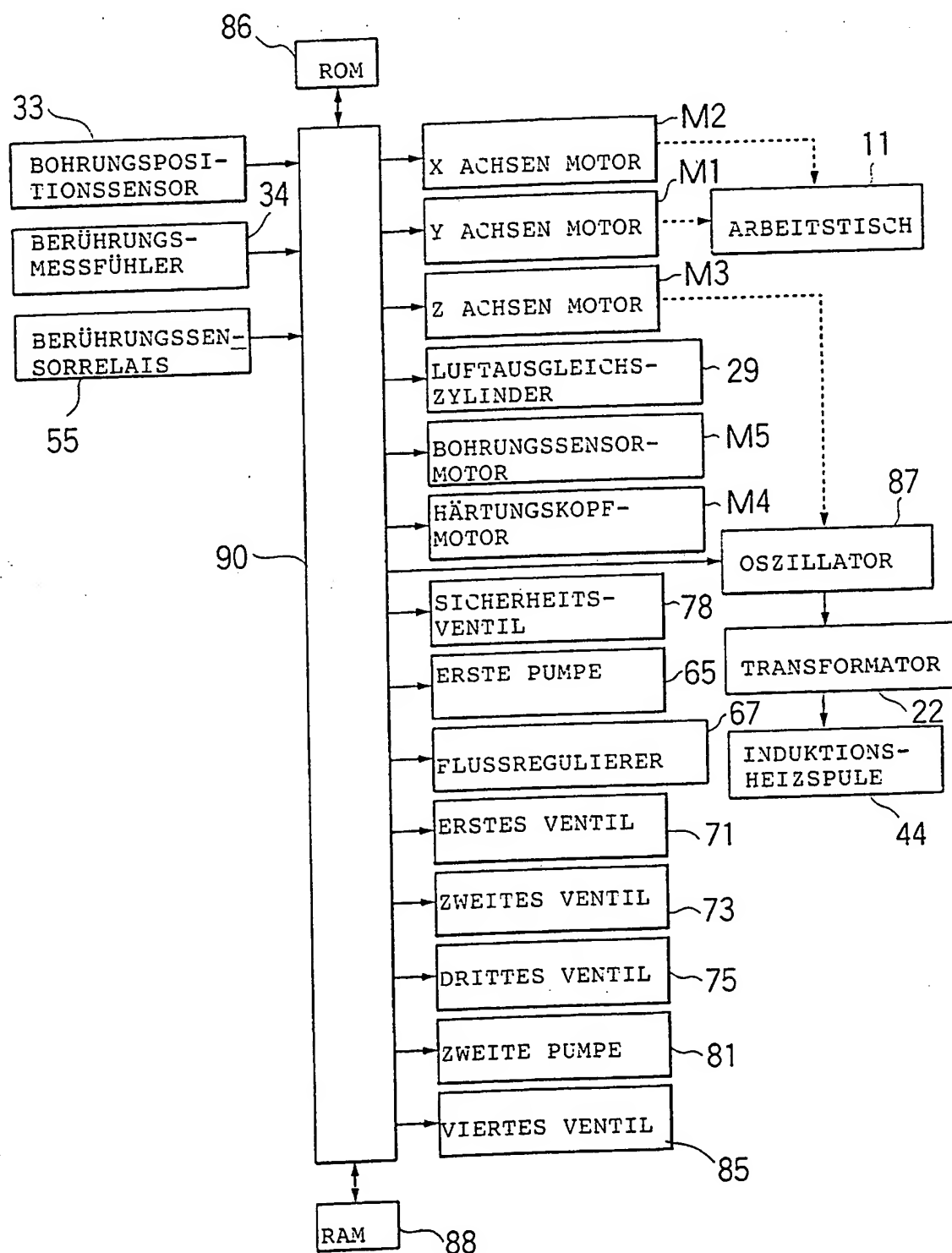


FIG. 13

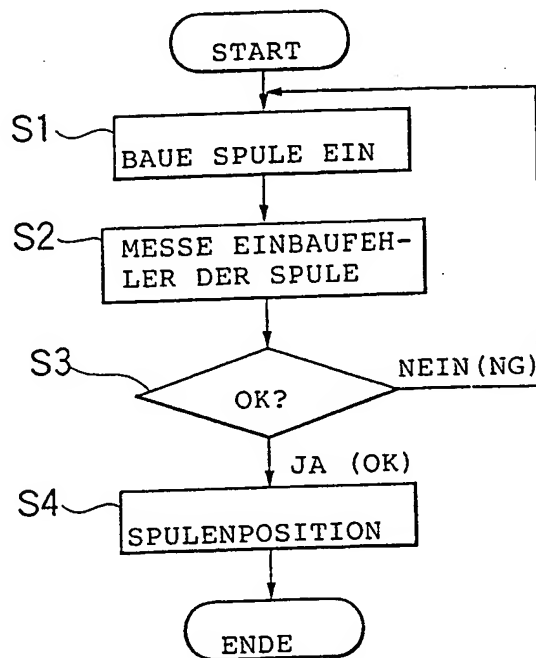


FIG. 14

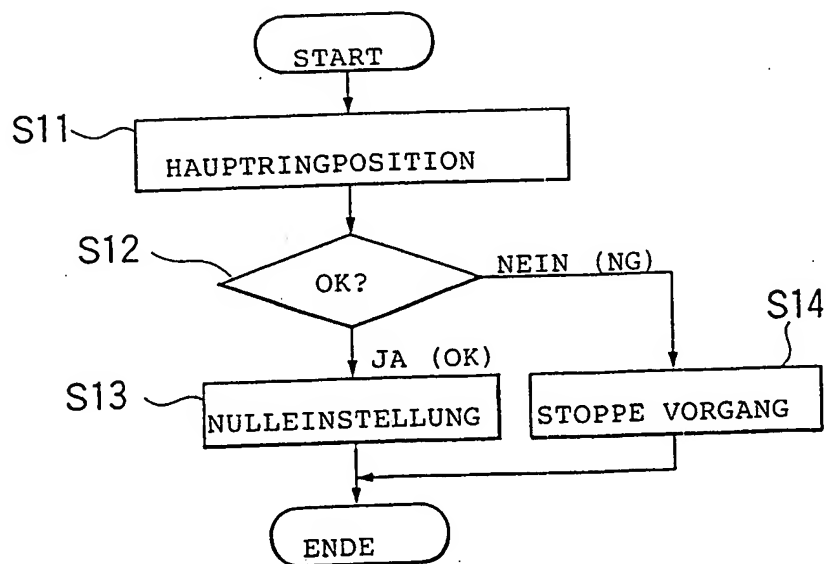


FIG. 15

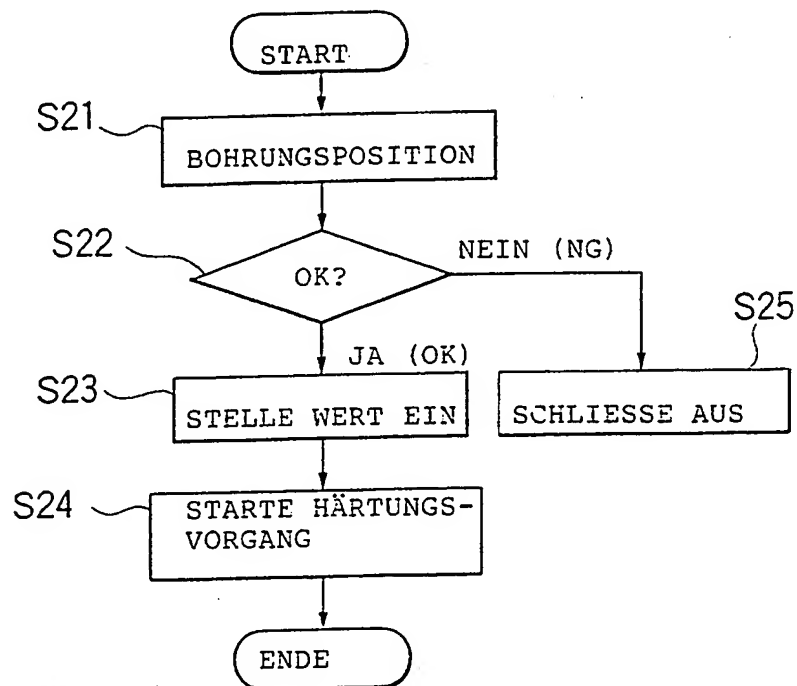


FIG. 16

